

# **PIENTEN LEUKAMURSKAINTEN LINJAKOKOONPANON MATERI- AALIVIRRRAN PARANTAMINEN**

Teemu Nieminen

Opinnäytetyö  
Helmikuu 2015  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tampere University of Applied Sciences

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kone- ja laiteautomaatio

NIEMINEN TEEMU:

Pienten leukamurskainten linjakokoonpanon materiaalivirran parantaminen

Opinnäytetyö 81 sivua, joista liitteitä 12 sivua  
Helmikuu 2015

---

Opinnäytetyö käsittelee Metso Minerals Oy:n pienten leukamurskainten kokoonpanon materiaalivirran kehittämistä logistiikkajärjestelyjen muuttumisen vuoksi. Nykytilanteessa osia on varastoituna kokoonpanolinjalla sekä keskusvarastolla. Tulevaisuudessa kaikkien osien varastointi on tarkoitus hoitaa keskitetysti yhdessä paikassa. Tarvittavat osat toimitettaisiin asennuspaikoille settikeräily tyylisesti.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kokoonpantavien osien settikeräysmahdollisuutta ja niiden kuljettamista asennusalueille ”Just In Time” -periaatteen mukaisesti. Työn tekeminen aloitettiin nykytilanneselvityksestä, työntekijöiden haastatteluista ja ongelmatilanteiden kartoituksesta. Materiaalivirran kehittämis ehdotuksissa käytettiin tekijän omakohtaisia kokemuksia hyväksi, koska opinnäytetyön laatija on työskennellyt aikaisemmin kehitettävällä kokoonpanolinjalla. Tutkimusmenetelmänä työssä käytettiin Lean-ajattelumallia.

Avaintuloksia ovat settikeräilylavat sekä yleiset parannusehdotukset sujuvan materiaalivirran kehittämiseksi. Settikeräilyyn ansiosta osien varastoinnin tarve poistuu kokoonpanolinjalla ja tilaa vapautuu kokoonpanolle. Työssä esitellään myös layoutparannusehdotuksia kokoonpanolinjalle sujuvan materiaalivirran edistämiseksi.

Aikataulu määräytyi työn alussa tiukaksi ja työn tilaaja halusi konkreettisia kehitysideoita nopeasti. Työ on kehityssuunnitelma, jonka pohjalta on mahdollista muuttaa havaittuja epäkohtia.

Opinnäytetyössä olevat liitteet on poistettu salassapitosopimuksen vuoksi.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Mechanical and Production Engineering  
Machine Automation

NIEMINEN TEEMU:

Improvement of Material Flow in a Small Jaw Crusher Assembly Line

Bachelor's thesis 81 pages, appendices 12 pages  
February 2015

---

This thesis discusses the development of the material flow of Metso Minerals small jaw crushers' assembly that took place due to logistics arrangements. In the present situation, the components are stored on the assembly line, as well as in the central warehouse. In the future, the storage of all of the components will be centralized into in one place. The necessary parts would be delivered to assembly sites combined as a set.

This thesis aimed to identify the elements of the installation process, and to examine to possibility to use combined sets and transport them using the "Just In Time" –principle. This work was commenced by mapping out the problematic situations. The development suggestions of the material flow used in this thesis followed the author's personal experience, since the author has worked previously at the assembly line. The study method used in this thesis is the "Lean" –method.

The key results in this thesis are the material flow development proposals, pallets for the usage of combined sets as well as the general suggestions for developing a fluent material flow. When the warehouse is transferred from the assembly area, more room for assembling will become available. In this thesis, improvement suggestions were provided for the layout of the assembly lines in order to contribute to the fluency of the material flow.

The topic is interesting, even though the work was executed only at the planning level without taking many practical measures. The schedule of this thesis was set out to be rather tight and the commissioner of this thesis required concrete development suggestions in a short period of time. This thesis is a development plan and it can be used in order to remedy possible flaws.

The appendices of this thesis have been removed due to a confidentiality agreement.

---

Key words: Lean, JIT, FiFo, material flow

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	METSON HISTORIA .....	9
3	METSO OY .....	12
3.1	Hatanpään tehdasalue .....	13
3.2	Keskeisimmät tuotteet .....	14
4	TYÖN TEORIA .....	17
4.1	LEAN .....	17
4.1.1	5S .....	18
4.1.2	7 hukkaa .....	20
4.1.3	JIT .....	21
4.1.4	VSM.....	22
4.1.5	Poka Yoke .....	24
4.1.6	Yhteenveto .....	24
4.2	Materiaalienhallinta.....	24
4.2.1	Varastoinnin keskeisimmät tunnusluvut .....	24
4.3	Alihankkijasuhteiden parantaminen.....	26
4.4	Materiaalien ohjaustavat.....	26
5	LÄHTÖKOHDAT JA NYKYTILANNE.....	29
5.1	Linjakokoonpanossa valmistettavat tuotteet.....	29
5.2	Linjakokoonpanon kolme asennuspaikkaa .....	31
5.3	Nykytilanne materiaalihuollon kohdalta .....	32
5.4	Työntekijöiden haastattelu.....	33
5.5	Nykyiset settikeräilylavat .....	33
5.6	Lavajäte .....	35
5.7	Tukkoisuus.....	36
5.8	Osia hyllyvarastopaikoilla .....	37
5.9	Osia lattiavarastopaikoilla .....	37
5.10	Hyllypalvelun toiminta.....	38
6	TYÖN TEKEMINEN.....	40
6.1	Osien selvittäminen .....	40
6.2	Osat keräilynä vai kokoonpanolinjalla? .....	40
6.2.1	Linjakokoonpanossa varastoitavat osat.....	40
6.3	Turhat ja vanhat osat .....	42
6.4	Pientavarakartoitus.....	44
7	SETTILAVAKERÄILY .....	46
7.1	Suunnittelu & luonnostelu .....	46

7.2	3 + 2 lavaa.....	46
7.3	Demolavat.....	47
7.4	Osien allokointi.....	49
7.5	Visuaalisuus.....	49
7.6	Settikeräilypaikka.....	50
7.7	Ongelmanratkaisu .....	50
7.8	Settilavojen määrä.....	53
7.9	Lavojen hankinta alihankkijalta .....	53
8	KEHITYSEHDOTUKSET .....	54
8.1	Materiaalihyllyt kokoonpanolinjalla .....	54
8.2	Puskurivarasto settilavoille.....	55
8.3	Layout muutokset.....	55
8.3.1	Layoutin nykytilanne .....	55
8.3.2	Layout kehitysehdotus 1 .....	56
8.3.3	Layout kehitysehdotus 2 .....	56
8.3.4	Layout kehitysehdotus 3 .....	56
8.3.5	Layout kehitysehdotus 4 .....	57
8.3.6	Settilavojen sijainti kokoonpanolinjalla.....	57
8.3.7	Trukkiliikenne muutosten jälkeen .....	57
8.4	Linjan seinien purkaminen .....	58
8.5	Siltanosturin käyttömuutos.....	59
8.6	Hyllypalvelun toiminta jatkossa .....	60
8.7	Hyllypalvelun lisääminen jatkossa.....	61
8.8	Ohjeistaminen .....	62
8.9	Alihankkijoiden sitoutuminen tavarantoimitukseen JIT periaatteella.....	63
8.10	Uusi kokoonpanopaikka .....	64
9	YHTEENVETO .....	67
	LÄHTEET.....	68
	LIITTEET.....	70

## LYHENTEET JA TERMIT

ATON	Metson käyttämä datatietojärjestelmä.
Bulk	Materiaalia, joilla ei ole saldoarvoa. Yleensä puhutaan ruuveista, muttereista tai holkeista.
ECR	Engineering Change Request. Metson sisäinen toimintamalli, kun pyydetään suunnitteluosastoa tekemään muutoksia osan piirustuksiin.
EUR- lava	Eurooppalaisen standardin mukainen kuormalava.
FiFo	First in first out. Ensiksi hankittu tuote käytetään ensin. Käytetään varastojen läpivirtauksen määrittelyissä.
Kanban	Japaninkielinen sana, joka tarkoittaa korttia tai lippua. Materiaalien hallinnan työkalu kaksilaatikkojärjestelmässä.
Layout	Termillä tarkoitetaan esimerkiksi koneiden ja laitteiden sijoittelua tehtaassa.
Logistiikka	Materiaalivirtojen toteuttamisen organisointi sekä niiden toteuttaminen.
Lokomo	Yleisnimitys Metso Mineralsin Hatanpään tehdasalueesta.
LT	Liikuteltava tela-alustainen murskainyksikkö (Lokotrack)
MRP	Material Requirement Planning. Materiaalientarvelaskenta.
SAP	Toiminnanohjausjärjestelmä.
ST	Liikuteltava tela-alustainen seulayksikkö (Lokotrack)
VSM	Value Stream Mapping, eli arvovirtakuvaus.
Workcenter	Työpiste, johon määrätyt osat toimitetaan ja niiden kokoonpano suoritetaan.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa Metso Minerals Oy:n Tampereen Hatanpään yksikön pienten leukamurskainten kokoonpanolinjan materiaalivirran toimintaa. Kokoonpanossa tarvittavien osien varastointi on tarkoitus jatkossa toteuttaa yhdessä paikassa, keskusvarasto tyyliisesti, jonka seurauksena kokoonpanopaikoilla ei varastointia enää suoriteta. Kokoonpanoa tehdään kolmessa eri kokoonpanovaiheessa, joista viimeisestä murskain valmistuu koekäyttöä varten. Nykyinen tilanne on haastava, koska osia on varastoituna linjakokoonpanon läheisissä hyllyissä ja osa komponenteista tuodaan settikeräilyä ulkopuolisesta varastosta.

Työn tilaaja määritteli opinnäytetyön taustatiedot ja vaatimukset. Jatkossa on tarkoitus varastoida kaikki murskainten osat Lokomon tontin ulkopuolella, ja toimittaa osat aina tarpeen mukaan settikeräilyä kokoonpanoon. Osien ohjaustapoihin on myös tulossa muutoksia. Visuaalisesti ohjattavien osien, eli Kanban-järjestelmän, käyttöä olisi mahdollisuuksien mukaan lisättävä, ja muiden ohjaustapojen määrää vähennettävä. Paras tilanne jatkossa olisi yksi hallittu ohjaustapa linjakokoonpanoon jätettävälle osille. Hyllynkantopalvelu vähentää materiaalihuollon työmäärää ja sen lisäämisen mahdollisuutta on selvitettävä kokoonpanossa tarvittavien pientarvikkeiden osalta.

Työssä on tarkoitus selvittää osien kuljetusmahdollisuudet kokoonpanoon settikeräilymielessä, Just In Time -periaatteella. Linjalle mahdollisesti jätettävät, useasti käytettävät osat, joita ei kannata settikeräilyä kokoonpanoon toimittaa, ovat työn keskeinen osa. Työssä keskitytään myös varaston kiertonopeuden pohdintaan ja sen järkevöittämiseen. Nykyinen kokoonpano layout on toimiva kokoonpanon osalta, mutta materiaalihuollon osalta se on toimimaton. Kokoonpanolinja on keskellä isoa hallikokonaisuutta, joka tuo haasteita materiaalin kuljettamiseen oikeille paikoille. Työssä ei keskitytä niinkään asennusteknisiin parannusehdotuksiin, mutta niiden kehittäminen on myös tulevaisuudessa ajankohtaista, koska tilaa tulee kokoonpanolinjalle lisää logistiikkaa koskevien muutoksien takia.

Avaintuloksina esitellään settikeräilylavaesimerkkejä, materiaalivirran kehittämis ehdotuksia, layoutmuutoksia sekä yleisiä parannusehdotuksia linjakokoonpanossa huomattuihin ongelmiin ja epäkohtiin. Tutkimusmenetelmänä on käytetty Lean-ajattelumallia ja sen sisältämiä työkaluja, koska yritys on sitoutunut Lean-filosofian käyttämiseen tehdasalueella ja yleisenä ajattelumallina toimintansa kehittämisessä.

Käytännönläheisyys, yksinkertaisuus ja selkeys ovat työn päätavoitteet. Raportoinnissa on käytetty paljon kuvia, jotta lukija saa käsityksen nykyisistä ongelmatilanteista. Toimiva materiaalihuolto kulkee käsi kädessä kokoonpanon kanssa ja tarkoituksena on saada valmistettua murskain kustannustehokkaasti, turvallisesti ja laadukkaasti sekä ajallaan asiakkaalle. Työn tilaaja antoi vapaat kädet suunnitella kehitysehdotuksia materiaalihuollon suhteen kokoonpanolinjalle. Yleisohje voitiin sisällyttää yhteen lauseeseen; ”Miten materiaalihuolto voi parhaiten palvella kokoonpanoa?”.

Työ tehdään suunnitelmatasolla, kehitysehdotuksena ja toimintasuunnitelmana toimivan materiaalihuollon saavuttamiseksi kokoonpanolinjalle. Selvityksen avulla muutoksia voidaan lähteä toteuttamaan, mikäli muutoksiin päädytään.



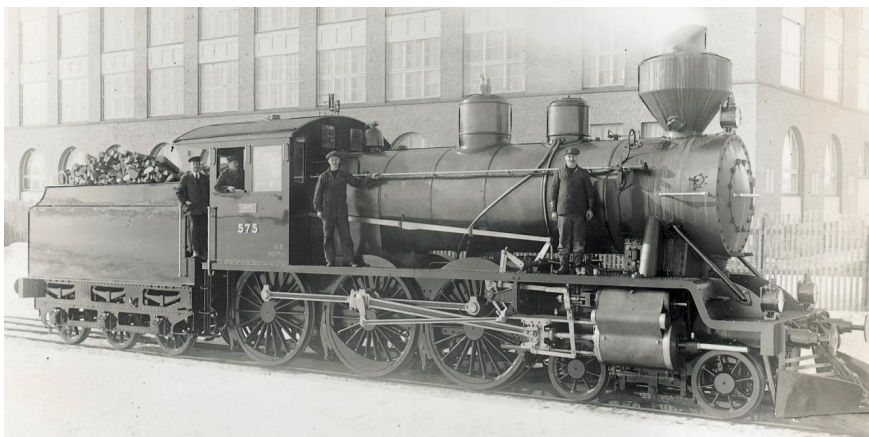
## 2 METSON HISTORIA

Keväällä 2015 tulee sata vuotta täyteen siitä, kun Lokomon tehdasalueella alkoi konepajatoiminta. Toukokuussa 1915 vahvistettiin Oy Lokomo Ab:n yhtiöjärjestys Suomen Keisarillisen Senaatin osalta ja yrityksen toiminta lähti käyntiin. Tehdasalueen rakentaminen aloitettiin Tampereen Hatanpäälle ja ensimmäiset hallit valmistuivat seuraavaan vuoteen mennessä. Alla olevassa kuvassa 1 on Lokomon tehdasaluetta noin 1920-luvulta. Osa tuotantohalleista on edelleen käytössä ja kuvan etualalla näkyvä silloinen tehtaanjohtajan asunto on yhä olemassa.



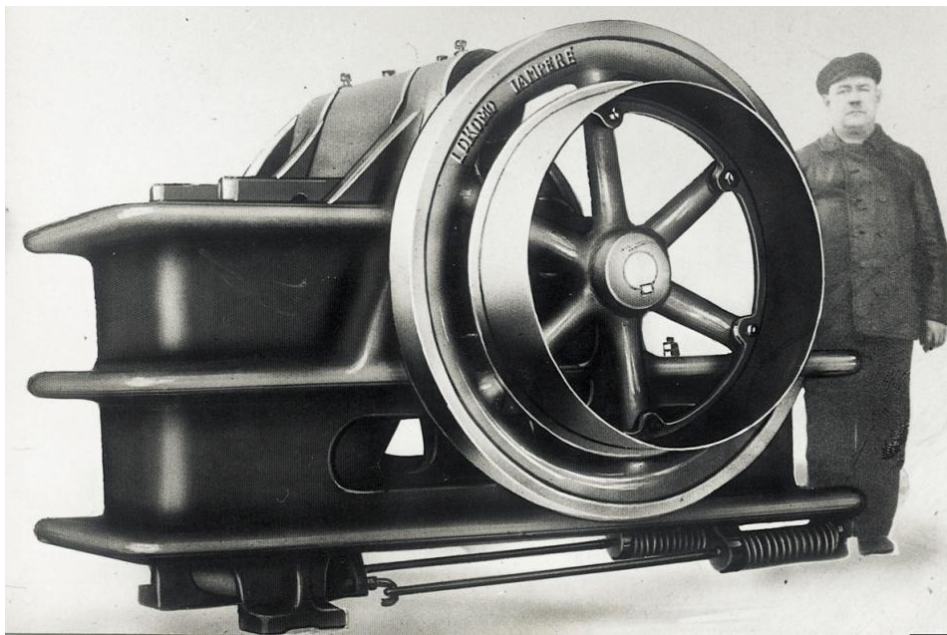
KUVA 1. Lokomon tehdasalue 1920-luvulta (Kuva: E. A. Bergius)

Tehtaan nimi johtaa juurensa locomotive sanasta, mikä tarkoittaa veturia. Yhtiön ensimmäisiä tuotteita olivatkin veturit, joita se toimitti Valtion Rautateille ([www.pyynikinlinna.fi/museo/nayttelyt/erikois/lokomo.php](http://www.pyynikinlinna.fi/museo/nayttelyt/erikois/lokomo.php)). Kuvassa 2 on helmikuussa 1920 toimitettu ensimmäinen veturi.



KUVA 2. Ensimmäinen veturi vuodelta 1920 (Kuva: Metso Media Bank)

Yhtiö miellettiin sen alkuaikoina sekatuotantokonepajaksi, koska sen tuotepalettiin on kuulunut paljon erilaisia tuotteita ja laitteita. Tuotannossa on ollut esimerkiksi autonostureita, tiehöyliä, kaivinkoneita sekä erilaisia valimontuotteita. Nykyiset tuotteet, eli murskaimet tulivat 1920-luvulla yhtiön tuotevalikoimaan. Alla olevassa kuvassa 3 on yksi Metson ensimmäisistä kivenmurskaaja malleista. Ensimmäiset murskaimet olivat suhteellisen pienikokoisia, ja ne oli usein suunniteltu pyörien päälle, jotta ne olivat liikuteltavia. Yhtiö luopui myöhemmin liikuteltavien murskainyksiköiden valmistamisesta, mutta nykypäivänä liikuteltavat murskainlaitteistot ovat jälleen yksi yhtiön myyntivalteista.



KUVA 3. Ensimmäisiä kivimurskaimia 1920-luvulta (Kuva: Metso Media Bank)

Yhtiön nimi ja omistussuhteet ovat muuttuneet useasti historian aikana. Vuonna 1970 Lokomo Oy siirtyi Rauma-Repolan omistukseen. Yhtiössä alkoi tällöin uudistusten aika, ja monien tuotteiden, esimerkiksi veturien tuotanto lopetettiin. Uusien tuotteiden kehittäminen alkoi ja teräsvalimon toimintaa kehitettiin ja sen kapasiteetti kaksinkertaistettiin, koska laadukkailla teräsvalutuotteilla oli kysyntään. Kuvassa 4 on Rauma-Repolan aikana Neuvostoliittoon toimitettu syvänmerensukellusalus, joka edusti aikansa huippu konepajaosaamista. ([www.metso.com](http://www.metso.com))



KUVA 4. Syvänmerensukellusalus vuonna 1987 (Kuva: Sauli Ruohonen)

1980-luvulla Rauma-Repola oli pakollisten muutosten edessä Neuvostoliiton katoamisen myötä markkina-alueelta. Yhtiö osti useita yrityksiä ja kasvatti tuotevalikoimaansa kilpailukykyä turvaamiseksi. Esimerkiksi 1980-luvun lopulla yhtiön haltuun siirtyi yhdysvaltalainen Nordberg Inc ja Timberjack Corporation. Vuonna 1991 Yhtyneet Paperitehtaat Oy ja Rauma-Repola fuusioituivat ja yhtiön uudeksi nimeksi tuli Repola Oy. Yhtyneet Paperitehtaat toimi metsäteollisuudessa ja Rauma metalliteollisuudessa. 90-luvun lopulla Repola Oy ja Valmet Oy yhdistyivät uudeksi yhtiöksi ja nimeksi tuli Metso Oy. Hatanpään alueella toimintaa jatkoi näin ollen Metso Minerals mineraalinkäsittelyn ja Metso Lokomo Steels valimotoinnin osalta.

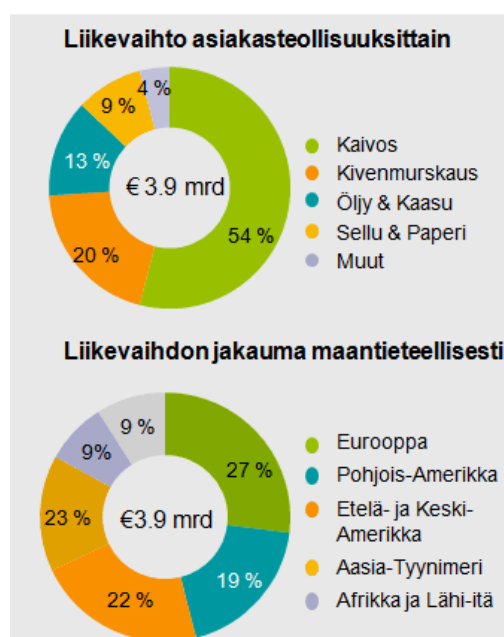
### 3 METSO OY

Metsossa työskentelee noin 16 000 ammattilaista yli 50 eri maassa. Yritys tukee asiakkaidensa öljy-, kaasu-, kaivos-, ja kivenmurskausprosesseja toimittamalla heille laadukkaita tuotteita ja palveluja virtauksensäätöön sekä mineraalienkäsittelyyn. Metson liikevaihto vuonna 2013 oli 3,9 miljardia euroa. Metson osakkeet on listattu NASDAQ OMX Helsinki Oy:ssä. Alla Metson logo (kuva 5).



KUVA 5. Metson logo (www.metso.com)

Alla oleva kuvio 1 esittää Metson liikevaihdon jakautumisen sekä alueet, jossa liiketoimintaa harjoitetaan. Kuvion tiedot ovat vuodelta 2013. Rengaskaaviosta näkyy myös sellu- ja paperiliiketoiminnot, jotka ovat nykyisin uuden yhtiön, Valmetin alaisuudessa. Ylimääräisessä yhtiökokouksessa lokakuussa 2013 päätettiin jakaa Metso Oy kahdeksi erilliseksi yhtiöksi. Metso Oy:n alaisuudessa jatkaa kaivos- ja maanrakennus sekä automaatio -liiketoiminnot. Uuden yhtiön Valmet Oyj:n liiketoimintaan sisältyvät massa-, paperi- ja voimantuotanto. Jakautuminen rekisteröitiin 31.12.2013 ja uuden yhtiön osakkeiden kaupankäynti pörssissä alkoi 2.1.2014. (www.metso.com)



Kuvio 1. Metson liikevaihdon jakautuminen 2013. (www.metso.com)

Metson toiminta jakautuu kolmeen eri liiketoimintamalliin, jotka ovat Services, Minerals ja Flow Control ([www.metso.com](http://www.metso.com)):

**Services:** Tarjoaa pääasiassa kaivos- ja kivenmurskausasiakkaille kaiken kattavia palveluratkaisuja, kulutus- ja varaosista aina asiakkaan suoritusta parantaviin korkean lisäarvon palveluihin.

**Minerals:** Vastaa mineraalienkäsittelyjärjestelmien tarjoamisesta kaivosasiakkaille, murskaus- ja seulontalaitteiden tarjoamisesta kivenmurskausasiakkaille sekä systeemitöimituksista.

**Flow Control:** Vastaa venttiilitarjonnan kehittämisestä ja kasvattamisesta etenkin öljy- ja kaasuteollisuuden asiakkaille sekä pumpuista kaivosteollisuuden asiakkaille edistämällä uusia mahdollisuuksia näillä markkinoilla.

Metso ilmoitti vuoden 2014 joulukuussa myyvänsä Lokomon tehdasalueella olevan teräsvalimonsa suomalaiselle TEVO Oy:lle. Uusi yhtiö jatkaa TEVO-Lokomo nimisenä valimon nykyisissä tiloissa. Kaikki Tampereen valimon työntekijät siirtyvät uuden yhtiön palvelukseen, kaupan on tarkoitus toteutua keväällä 2015 ([www.metso.com](http://www.metso.com)). Teräsvalimo on pohjoismaiden suurin ja sen tuotteita ovat muun muassa turbiinien siipivalut, murskainten rungot ja kulutusosat sekä erilaiset venttiilivalut. Viimeaikaisimpana muutoksena Metso ja Valmet ovat sopineet Metson prosessiautomaatiojärjestelmäliiketoimintojen myymisestä Valmetille. Liiketoiminta työllistää noin 1600 ihmistä ja yrityskaupan arvo on 340 miljoonaa euroa. Metso keskittyy jatkossa tuote- ja palveluliiketoimintaan sekä kaivos-, maanrakennus-, öljy- ja kaasuteollisuuteen. Kaupan on määrä toteutua huhtikuussa 2015, kauppa edellyttää kilpailuviranomaisten hyväksyntää.

### 3.1 Hatanpään tehdasalue

Kuvassa 6, sivulla 14 on Metso Mineralsin Hatanpään tehdasalue. Kuvaan on rajattu myös valimon rakennukset. Metson Tampereen yksikössä työskentelee noin 900 henkilöä. Keskeisimmät toiminnot alueella ovat murskaintuotanto, mobilelaitteiden kokoonpano, teräsvalimo, kivilaboratorio, huoltokorjaamo sekä suunnitteluosasto. Tärkeimmät tuotteet Hatanpään tehdasalueella ovat Nordberg C -sarjan leukamurskaimet, GP -sarjan karamurskaimet sekä Lokotrack tela-alustaiset liikuteltavat murskain- sekä seulayksiköt.





KUVA 6. Hatvanpään tehdasalue (Kuva: Metso Minerals Oy, muokattu)

### 3.2 Keskeisimmät tuotteet

Tampereen tehtaalla valmistetaan noin kymmentä erilaista leukamurskainmallia. Leukamurskaimet on suunniteltu modulaarisesti, joten niiden kokoonpano onnistuu ilman hitsausliitoksia, jolloin esimerkiksi rikkoontuneen osan vaihtaminen on vaivatonta. Modulaarisen rakenteen vuoksi murskainten väsymyslujuusominaisuudet ovat hyvät kilpailijoihin verrattuna ja niiden purkaminen ja uudelleen kasaaminen on myös mahdollista. Suurimpien murskainten paino estää niiden kokonaisena kuljettamisen, joten kokoonpano on suoritettava asiakkaan luona. Leukamurskaimet toimivat esimurskaimena esimerkiksi kaivoksilla. ([www.metso.com](http://www.metso.com)). Alla olevassa kuvassa 7 on C130 leukamurskain, joka on yksi uusimmista tuotteista.



KUVA 7. C130 leukamurskain (Kuva: [www.metso.com](http://www.metso.com))

Nordberg GP -sarjan karamurskaimet ovat väli- ja jälkimurskaimia, joilla käsitellään mineraaleja haluttuun muotoon. Karamurskaimet toimivat yleensä leukamurskaimen jälkeen parina, jolloin leukamurskain hoitaa esimurskausvaiheen ja karamurskaimet jälkikäsittelevät tuotteen haluttuun raekokoon. GP-murskainten paino ja kompakti koko ovat näiden tuotteiden myyntivaltteja ([www.metso.com](http://www.metso.com)). Kuvassa 8 on Nordberg GP500S -mallinen karamurskain.



KUVA 8. GP-sarjan karamurskain (Kuva: Teemu Nieminen)

Yritys on toimittanut yli 10 000 liikuteltavaa Lokotrack laitetta murskaus- ja seulontakäyttöön yli 20 vuoden ajan. Liikuteltavien laitteiden myyntivaltteja ovat kompakti koko ja niiden helppo siirrettävyys. Laajasta tuotevalikoimasta on esimerkkinä vuonna 2012 toimitettu maailman suurin liikuteltava murskainkokonaisuus LT200, jonka kokonaispaino on noin 400 tonnia, laitteeseen on integroitu Metson suurin leukamurskainmalli C200. Kuvassa 9 on Lokotrack LT120 murskainyksikkö työssä.



KUVA 9. Liikuteltava Lokotrack murskainyksikkö (Kuva: [www.metso.com](http://www.metso.com))

Uusimpana tuotteena Metson tuotevalikoimassa on erikokoiset ja -malliset liikuteltavat seulayksiköt, joilla pystytään asiakkaan tarpeen mukaan seulomaan maa- ja kierrätysmateriaaleja. Alla olevassa kuvassa 10 on Lokotrack ST2.8 seula työssään.



KUVA 10. Liikuteltava ST Lokotrack seula (Kuva: [www.metso.com](http://www.metso.com))



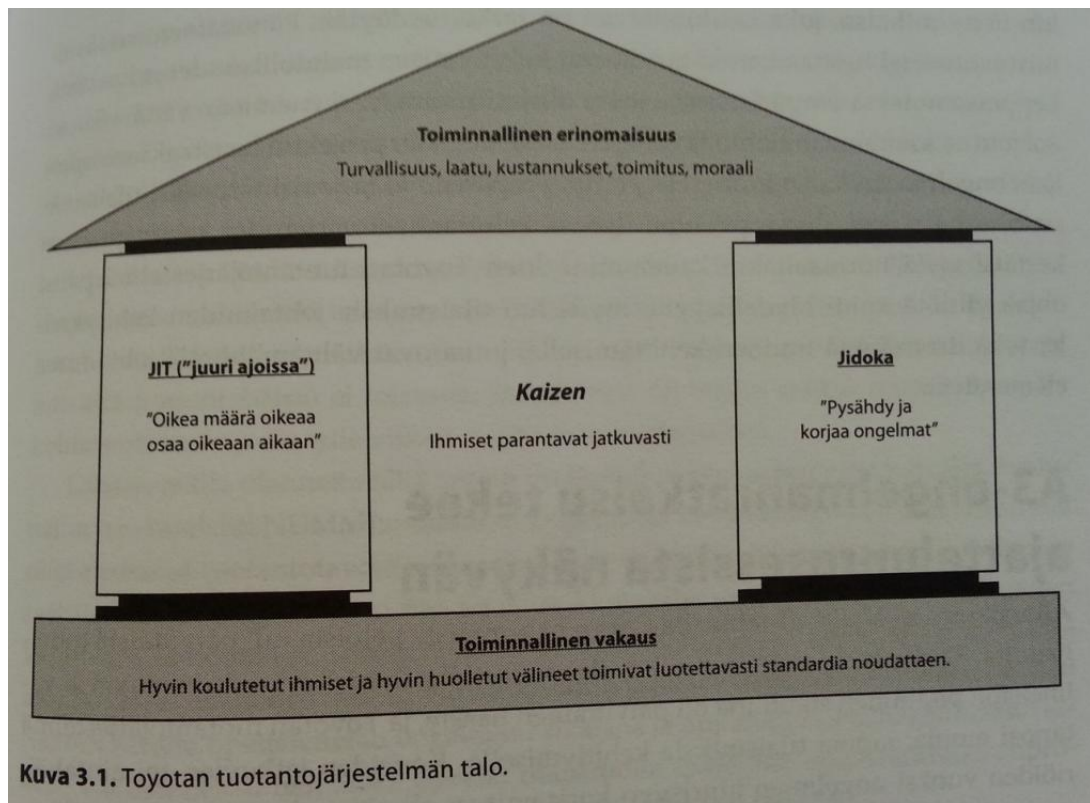
## 4 TYÖN TEORIA

Metso on vahvasti ottanut Lean-toimintamallin käyttöönsä tuotannon organisoinnissa ja jatkuvassa toimintatapojen kehittämisessä. Leanin erilaiset työvälineet ja ajattelumallit ovat tulevaisuuden kehitysprojektien työkaluja, joten ne ovat tässäkin työssä vahvasti esillä, kun kehitetään uusia ajattelu- ja toimintamalleja. Teoriaosuudessa käyn läpi työssä käyttämiäni keskeisempiä Lean periaatteita, materiaalivirran peruskäsitteitä sekä materiaalien ohjaustapoja.

### 4.1 LEAN

Lean ajattelumallin juuret johtavat Japaniin, suuren autonvalmistajan Toyotan tehtaille. Toyota Production Systemsin (TPS) perustaja, Taiichi Ohno, on määritellyt heidän ajattelumallin ytimekkäästi: *”Me katsomme ainoastaan aikajanaa siitä hetkestä, kun asiakas antaa meille tilauksen, siihen pisteeseen, kun keräämme rahat. Ja me pienemmämme tuota aikajanaa poistamalla lisäarvoa tuottamattoman hukan.”* (Liker 2006, 6.) Lean-toimintamalli on ihmiskeskeinen johtamisfilosofia, jossa keskitytään toiminnan parantamiseen asiakaslähtöisesti. Lean on työkalu, jolla keskitytään poistamaan työstä kaikki ylimääräinen, josta asiakas ei saa lisäarvoa. Se on väline hukan ilmentämiseen ja poistamiseen.

Ohnon periaatteen mukaan Toyotan tuotantojärjestelmässä ongelmat tehdään näkyviksi, jotta ihmiset pystyvät löytämään virheet, oppivat ratkaisemaan niitä ja kehittyvät paremmiksi työntekijöiksi. (Liker & Convis 2012, 80.) Toyotan järjestelmää on kuvattu alla olevan kuvan 11 mukaisella talolla, missä havainnollistetaan toiminnan kokonaisvaltaista toimivuutta. Yrityksen sisäisten elementtien on toimittava saumattomasti yhdessä, jotta talo pysyy pystyssä (Liker & Convis 2012, 80–81). Leanin toiminta perustuu toiminnan jatkuvaan ja systemaattiseen parantamiseen; tätä menetelmää kutsutaan Kaizeniksi. Toiminto perustuu viiteen kohtaan jotka ovat suunnittelu, suorittaminen, arviointi, toteutus ja jatkaminen. (Kouri 2010, 14.) Syklistä syntyy kiertävä toiminta, joka tehdään aina uudelleen, jolloin toiminnoissa saadaan aikaan kehitystä.



KUVA 11. Toyotan tuotantojärjestelmän talo (Jeffrey Liker & Cary L. Convis)

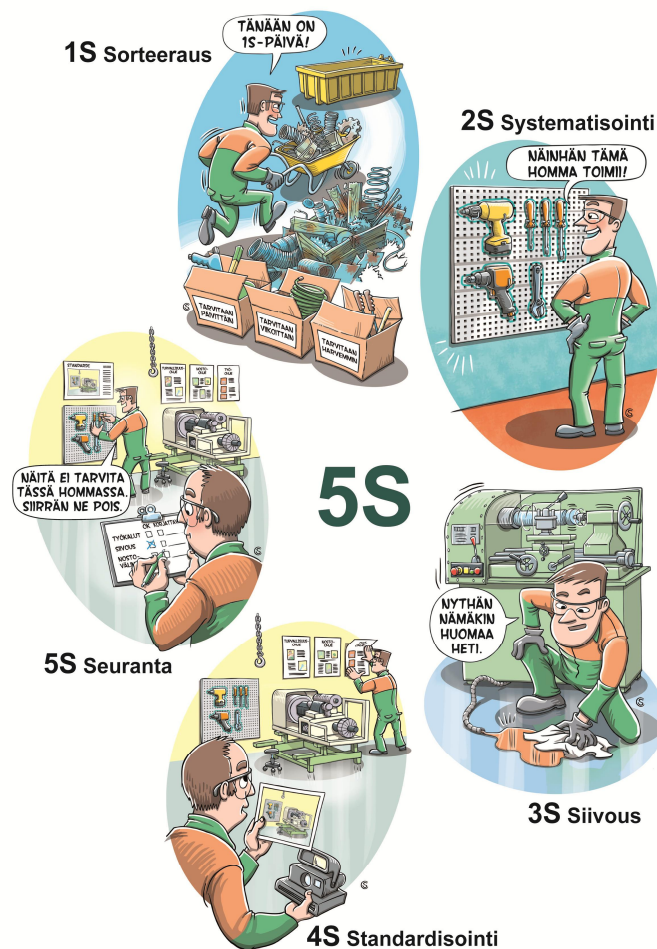
#### 4.1.1 5S

5S muodostuu viidestä japaninkielisestä sanasta, jotka kuuluvat laajaan toimintakokonaisuuteen, jolla pyritään vähentämään virheitä, vikatilanteita sekä parantamaan turvallisuutta työpaikoilla (Liker 2006, 150–152; Tuominen 2010, 19). Seuraavaksi on lueteltu nämä viisi hukatekijää:

1. Lajittele (Seiri) – Tavarat on käytävä läpi ja turhat eroteltava välttämättömistä. Kaikki, mitä tarvitaan työssä, säilytetään, muu heitetään pois.
2. Järjestä (Seiton) – Tarvittavat työkalut ja tavarat on järjesteltävä tarkasti omille paikoilleen siististi, jotta niiden löytäminen ja käyttäminen on vaivatonta.
3. Puhdista (Seiso) – Yleisimmin ymmärretään siisteytenä työpaikoilla. Siisti työympäristö edesauttaa tuotteiden, koneiden ja työntekijöiden toimintaa.
4. Standardisointi (Seiketsu) – Sovittujen standardien mukaista toimintaa ja niiden kehittämistä.
5. Ylläpito ja edelleen kehittäminen (Shitsuke) – Sovittujen toimintatapojen mukaan toimimista ja niiden kehittämistä edelleen (Kouri 2009, 24–27).

5S toimintamalli on luotu toimimaan järjestelmällisesti ja jatkuvalla periaatteella. Jokainen kohta on jatkumoa edellisestä, työkierto aloitetaan lajittelusta ja päätetään ylläpi-

toon, seuraavaan askeleeseen ei saa siirtyä, mikäli vaiheen edellytykset ei ole täytetty. Tällä tavoin saadaan luotua jatkuva työympäristön parannusprosessi. (Liker 2006, 150). 5S mielletään yleensä siivousohjelmaksi, mutta se ei ole sitä (Kouri 2009, 27). Hukkien tunnistaminen on helpompaa vain puhtaassa, siistissä ja selkeässä ympäristössä (Kouri 2010, 27). 5S on tyypillinen jatkuvan parantamisen työkalu, jota pitää käyttää jatkuvasti yrityksen päivittäisessä toiminnassa, jotta se saadaan toimimaan. 5S saatetaan useissa yrityksissä ymmärtää väärin ja esimerkiksi kertaluotoinen työkalujen kartoitus ja koonpanolinjan siivous mielletään Lean toiminnaksi. Kertaluontoiset toimenpiteet ovat toki hyödyllisiä, mutta Leanin jatkuvan parantamisen malli jää tällöin sivualalle. Kertaluontoisesta käytännöstä on yksi Toyotan Lean mestari todennutkin seuraavalla lauseella: ”Se on kuin kiskoisi irti rikkaruohoja, mutta jättäisi juuret paikoilleen” (Liker, Convis 2012, 3). Alla olevassa kuvassa 12 on Metson sisäinen juliste 5S toiminnoista. Kuvat ovat apuna työntekijöille, jotta kaikilla olisi selkeä ajatus järjestelmän toiminnasta käytännössä.



KUVA 12. Metson 5S ohjejuliste henkilöstölle (Kuva: Metso Minerals Oy)

#### 4.1.2 7 hukkaa

*”Useimmissa prosesseissa on 90 % hukkaa ja 10 % lisäarvoa tuottavaa työtä”* (Tuomi-nen 2010, 7). Yksi keskeisimmistä Leanin periaatteista on määritellä tuotantoketjun hukat ja poistaa ne mahdollisimman hyvin ([www.teconmark.fi](http://www.teconmark.fi)). Toyota on luonut seitsemän arvoa, joilla hukka voidaan määritellä. Niitä voidaan käyttää niin tuotantolinjan, toimiston kuin tuotekehityksenkin parantamisessa. (Liker 2006, 28.) Seuraavaksi on lueteltu hukkatyypit.

1. Ylituotanto – Tuotteiden valmistamista varastoon, ilman asiakkaan tekemää tilausta on hukkaa. Leanin periaatteiden mukaan paras tavoiteltava eräko on yksi, jolloin asiakkaan tilaama tuote saatetaan tuotantoketjun läpi mahdollisimman nopeasti. Liikatuotanto aiheuttaa turhia varastointikustannuksia turhan materiaa-livirran takia. Valmiin tuotteen varastoiminen mahdollista myyntiä varten aiheuttaa myös kuluja yritykselle, josta syntyy hukkaa. Ylituotanto estää tuotannon epäkohtien löytymisen, koska korkeat varastomäärät piilottavat ongelmia (Kouri 2010, 10.)
2. Odottaminen – Hukkaa syntyy kun työntekijät joutuvat odottamaan esimerkiksi puuttuvaa osaa tai uutta virheellisen tilalle. Laitteiston häiriöt, tuotannonsuunnitelun puutteet tai päätöksenteon puute voivat aiheuttaa turhia seisokkeja yrityksessä. Odottamista ei voida laskuttaa asiakkaalta ja siitä syntyy lisäkustannuksia.
3. Tarpeeton kuljettaminen – Kustannuksia kertyy kun materiaaleja kuljetetaan turhaan. Tyypillinen turha kuljettaminen syntyy esimerkiksi materiaalien välivarastoinnista, mikä aiheuttaa samojen tuotteiden useaa kuljetusvaihetta ennen materiaalin tarvetta kokoonpanossa.
4. Tarpeeton varastointi – Liian isot varastomäärät tuotteiden osalta aiheuttavat varastointikustannuksia, tuotteiden vanhenemista sekä virheellisten tuotteiden mahdollisuutta, koska ongelmatuotteet eivät tule heti esiin tuotannossa. Suunnittelelmattomat isot varastot ovat yleensä merkki epävarmasta prosessista.
5. Yliprosessointi – Suoritetaan liikaa työvaiheita joidenkin tuotteiden tekemiseen. Asiakkaan toivomusten selvittäminen on tärkeää, jotta tuotteiden laatu saadaan vastaamaan asiakkaan tarpeita. Näin vältetään liian laadukkaiden tuotteiden valmistaminen.
6. Liikkuminen – Työntekijöiden tarpeeton liikuttaminen työtehtävien tekemiseksi on hukkaa. Esimerkiksi osien etsiminen tai turkkilavojen pinoaminen linjakokoonpanossa on hukkaa.

7. Viat – Hukkaa syntyy viallisista osista tai osapuutteista. Uuden osan tilaaminen tai korjaaminen on hukkatyötä. Kaikessa tekemisessä pitäisi pyrkiä ”kerralla oikein” periaatteeseen.

Liker toteaa kirjassaan myös kahdeksannen hukan, eli työntekijöiden luovuuden käyttämättömyyden. Työntekijöiden sitoutumista on kannustettava ja heitä on kuunneltava, jotta mahdollisia hukcatekijöitä saadaan julki heidän suorittamistaan päivittäisistä työtehtävistä. (Liker 2006, 89)

Hukan tunnistaminen työpaikalla saatetaan kokea hankalaksi. Tuomisen (2010) mukaan hukan tunnistamisen keinoja ovat välittömän ja välillisen työn tunnistaminen. Välillinen työ aiheuttaa yleensä hukkaa. Kysymyksen ”miksi?” toistaminen on tärkeää, jotta voidaan ymmärtää, mistä hukkaa syntyy ja miten sitä voidaan vähentää. Mikäli hukkaa ei tunnisteta, on arvoa tuottava työ analysoitava ja todettava kaikki muu hukaksi. Nykytilanteen analysoiminen on tärkeää, jotta mahdolliset ongelmakohdat tiedostetaan. Analysoinnin apuna voidaan käyttää arvovirtakuvaajia sekä aikatutkimuksia. (Tuominen 2010, 8.)

#### 4.1.3 JIT

Just In Time -tuotantoperiaate on yksi Leanin-ajattelumalli ja peräisin Japanista. Kyseinen tuotantomalli on syntynyt vakiotuotetuotannossa, mutta sitä on sovellettu myös muissa tuotantojärjestelmissä. JIT-tuotannon tunnusmerkkejä ovat korkea tuottavuus, pieni tarve sitouttaa pääomaa, laadukas tuotanto sekä nopea läpäisy aika. (Haverila ym. 427–428.) Toimintamallin periaatteena on selkeälinjainen tuotanto, jossa tuotannonohjaus sekä materiaalivirrat on suunniteltu tehokkaiksi ja selkeiksi. Just In Time -periaatteen keskeisimpiä toimintoja ovat välivarastojen minimointi ja poisto, tasainen ohut materiaalivirta, toiminnan jatkuva kehittäminen, nopea läpäisy aika kokoonpanossa, selkeät materiaalivirrat, pienet valmistuserät sekä imuohjaus. (Haverila ym. 429.)

Kyseinen malli edellyttää toiminnoilta korkeaa laatutasoa. Mahdolliset laatuvirheet tulee tuoda esiin nopeasti, koska ne pysäyttävät pahimmassa tapauksessa tuotannon. JIT-tuotannossa laatuvirheet nousevat esiin nopeasti ja niihin pystytään reagoimaan heti ja epäkohtien syyt on helposti selvitettävissä. (Haverila ym. 2009, 429.) Mikäli tuotannossa tarvitaan varastoja, ne ilmentävät virheistä ja ongelmista yrityksen sisällä. Ongelman perimmäinen syy jää usein ratkaisematta, jos viallisen tuotteen tilalle otetaan uusi isosta varastosta. (Liker, Convis 2012, 81.)

Kirjailijat ovat todenneetkin kirjassaan juuri oikeaan aikaan periaatteen ytimekkäästi:

*”Ihmiset suosivat luonnollisesti tasaista, helppoa toimintaa, ja on helppo tottua vallitsevaan olotilaan. Poistamalla varaston Toyota tekee kaikista muista vallitsevista oloista kuin täydellisyydestä luontaisesti epävakaita. Tinkimätön sitoutuminen ”juuri oikeaan aikaan” – ajatteluun laittaa kaikki tavoittelemaan täydellisyyttä, koska kaikki täydellisyyttä heikompi tulee hyvin nopeasti näkyviin.”* (Liker, Convis 2012, 81). Alla olevaan taulukkoon 1 on tehty selkeä vertailulista, jolla JIT-toimintaa voidaan kehittää. Taulukossa on esitetty kriteerit, nykyinen toimintamalli ja JIT-ajattelumallin tapaan tehtävä toiminta.

TAULUKKO 1 Perinteisen- ja JIT-periaatteen vertailu. (Tuominen 2010,65, muokattu)

Kriteeri	Perinteinen tapa	JIT - tavoite
Eräsuuruudet	Toimitukset suurissa erissä, harvoilla toimituksilla.	Toimitukset toteutetaan pienissä erissä. Valitaan toimittajat, jotka toimittavat korkeaa laatua pienissä erissä.
Toimittajien valinta	Useita toimittajia lyhyillä sopimuksilla.	Luodaan hallittavissa olevien toimittajien verkko. Pudotetaan toimittajien määrä yhteen tai vain muutama.
Kumppanuuksien kesto	Vaihdellaan edullisimman mukaan.	Solmitaan toimittajien kanssa pitkäaikaisia ja joustavia sopimuksia.
Toimittajien arviointi	Pääkriteerit ovat tuotelaatu, toimituskyky ja hinta. Noin 2% virheistä hyväksytään.	Mitataan tuotelaatu, toimituskyky ja hinta. Virheitä ei hyväksytä.
Tulevan tavaran tarkastaminen	Ostaja on vastuussa kaikesta tarkastamisesta.	Laskeminen ja tarkastaminen on lähes eliminoitu pienten toimituserien takia.
Paperirutiinit	Laajat ja muodolliset.	Vähän paperityötä. Käytetään sähköisiä tiedonvälitysjärjestelmiä.
Pakkaukset	Erikois- tai satunnaispakkaukset ilman pakkausspesifikaatiota	Käytetään pieniä standardiyksiköitä, joiden sisältö on tarkoin määritelty.

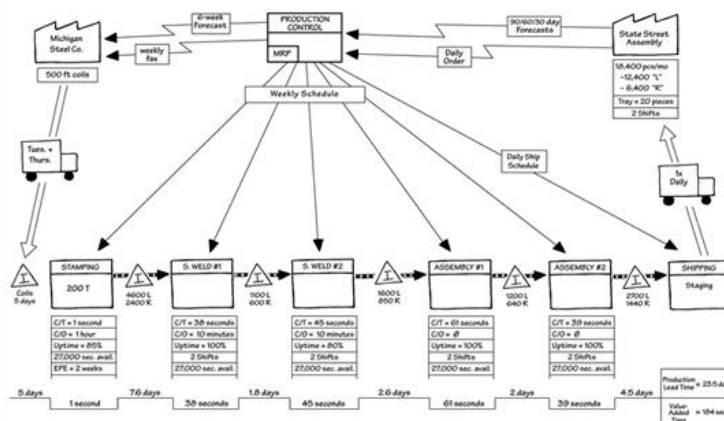
#### 4.1.4 VSM

Yksi tärkeä Lean-työkalu on arvovirran kuvaaminen. Toiminta on saanut alkunsa Toyotan käyttämästä tavasta ilmentää alihankkijoilleen yrityksen TPS:n toimintaperiaatteita. Arvovirtakuvaaja on hyvä työkalu tehdä nykytilanneanalyysi materiaalin ja informaation kulkemisesta yrityksessä, jotta pystytään ilmentämään mahdolliset virheet. Nykyisen arvovirtakuvaajan idean ovat kehittäneet Toyotan oppien pohjalta Mike Rother ja John Shock vuonna 1999 ja se on nykyään tärkeä osa Leanin toimintaperiaatteita. (Liker 2006, 275.)

Leanin pääperiaatteina on tuotteiden virtausnopeuden kasvattaminen tuotantolinjan läpi ja lyhentää läpimenoaikoja. Arvovirtakuvaajan avulla pystytään ymmärtämään yrityksen prosessien toimintaa ja nähdä se ruohonjuuritasolta. Arvovirtakuvaus kertoo kokonaisajasta, jossa osa kulkee tuotantoprosessin läpi asiakkaan tilauksesta tuotteen luovutushetkeen saakka. Arvovirtakuvaus tehdään tyypillisesti yhdestä tuotteesta tai osa-alueesta, jolloin sen laatiminen on järkevää ja ongelmat on helppo ymmärtää. Liker toteaa kirjassaan, että Value Stream Mapping on kuvaaja, jolla ilmennetään materiaalien ja tiedon kulkua tehtaan lävitse. Kuvaajasta näkee, mitä osia liikutellaan, mitä tehdään, milloin ja minkä verran. (Liker, Convis 2012, 87.)

Arvovirtakuvantaminen on tärkeä tehdä kehitettävän alueen eri toiminnoista. Opinnäytetyössä käytettiin yksinkertaista arvovirtakuvaajamallia murskaimen sivulevyjen nykyisestä materiaalivirrasta, jotta pystyttiin selvittämään ongelmatilanteet ja kehittämään niitä. Arvovirtakuvaajat tehtiin nykyisestä tilanteesta ja parannusehdotuksesta, jolla pystytään hukkaa vähentämään toiminnoista. Kuvaajien tueksi on hyvä luoda esimerkiksi paperille piirtämällä spagettikuvioita materiaalien kulkureiteistä tuotannossa.

Työssä kuvaajat pidettiin yksinkertaisina, jotta niitä olisi mahdollisimman helppo tulkita ja ongelmakohdat saataisiin vaivattomasti esille. Kuvassa 13 on tyypillinen esimerkki Value Stream Mapista. Kuvan vasemmalla reunassa on tavarantoimittaja, joka kuljettaa tuotteen yrityksen käyttöön. Alihankkijalta tuote siirtyy toimintaprosessiin, joka sisältää esimerkiksi varastointia, tuotteen liikuttamista tai kokoonpanoa. Ajasta, kun tuote liikkuu prosessissa, luodaan välivaiheita, joista selviää tuotteen prosessin läpäisy aika. Kaavion oikeassa reunassa on asiakas, jolle valmis tuote toimitetaan. Aikajana, joka muodostuu tuotteen hankinnasta ja sen toimittamisesta asiakkaalle muodostuu erilaisia vaiheita, joista pitää tunnistaa hukatekijät, eli esimerkiksi turhat välivarastoinnit ja kuljetukset.



KUVA 13. VSM-kuvaaja (Kuva: [www.procesporta.nl](http://www.procesporta.nl))

#### 4.1.5 Poka Yoke

Toyotan tehtailla on työntekijöillä käytössään paljon erilaisia apuvälineitä, joilla poistetaan tyypillisimmät virheet työstä. Poka Yoke -periaate käsittelee toimintoja, jolla pyritään tekemään virheistä mahdottomia. (www.toyota-forklifts.fi). Poka Yoke pitää sisällään yksinkertaisia keinoja ja laitteita, joiden avulla operaattorin virheiden teko on vaikeaa tai mahdotonta. (Liker 2006, 133.) Toimintamallissa pyritään sataprosenttisesti virheettömyyden tilaan, jossa virheet estetään teknisesti. Tyypillisenä esimerkkinä ovat osat, jotka on muotoiltu niin, että virheiden tekeminen asennuksessa ei ole mahdollista tai osille on merkitty visuaalisesti oma paikka tietyllä värillä. (Kouri 2010, 25.)

#### 4.1.6 Yhteenveto

Lean on laaja-alainen ajattelumalli, jota tulee hyödyntää kuhunkin tilanteeseen sopivalla tavalla. Työssäni käytin hyväksi edellä mainittuja asioita. 5S-ohjelmasta voisi poimia siisteyden ja standardoinnin, jotka tulevat esiin työssä, koska ne paranevat settikeräilyyn myötä oleellisesti asennuspaikalla. ”Juuri oikeaan aikaan” -periaate pohjautuu settikeräilyyn, koska vain tarvittavat tuotteet on saatavilla oikeaan aikaan asennuksessa. Poka Yoke -periaatetta on jalostettava, kun settilavoja mahdollisesti valmistetaan alihankkijalla. Sataprosenttinen virheettömyys on tärkeää settikeräilyssä, koska varasto on eri paikassa kuin linjakokoonpano ja viallinen tai puuttuva osa aiheuttaa välittömän tuotannon keskeytymisen. Settilavojen keräilyvaiheesta on tehtävä erilaisten työvälineiden kuten visuaalisten ohjeiden mukaan helppoa ja virheiden tekeminen mahdollisuus on minimoitava. Arvovirtakuvaajatyökalua käytettiin luomaan käsitys osien tämänhetkisen materiaalivirran ongelmakohdista ja asioista, joita täytyy materiaalivirran osalta parantaa.

### 4.2 Materiaalienhallinta

*”Materiaalihallinnalla tarkoitetaan yrityksen raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja lopputuotteiden hankinnan, varastoinnin, ja jakelun hallintaa. Materiaalihallinnan puitteissa ohjataan yrityksen kaikkia materiaalivirtoja toimittajilta aina asiakkaille saakka.”(– –) ”Materiaalihallinnon toimintoja tulee kehittää siten, että varastot pystyvät palvelemaan omaa tuotantoa sekä loppuasiakasta halutulla tavalla.”(Haverila ym, 2009, 443.)*

#### 4.2.1 Varastoinnin keskeisimmät tunnusluvut

Yrityksen pääomasta merkittävä osa on yleensä sitoutunut varastoihin. (Karrus 2003, 175–176). Karrus toteaa, että varaston kiertonopeus voidaan laskea kaavalla 1. Kaavalla



2 voidaan määritellä kiertonopeus nimikkeille, eli yksittäisille osille. (Karrus 2003, 176.)

$$\text{Varaston kiertonopeus} = \frac{\text{Vuosityynty hankintaninnon}}{\text{keskivarasto hankintahinnoin}} \quad (\text{Kaava 1.})$$

$$\text{Kiertonopeus nimikkeille} = \frac{\text{Nimikkeiden vuosityynty hankintahinnoin}}{\text{Nimikkeiden keskivarasto hankintahinnoin}} \quad (\text{Kaava 2.})$$

Varaston kiertoa voidaan tulkita myös aika-lukuna. Luvusta ilmenee, kuinka kauan varasto riittää keskimääräisen kulutuksen ja myynnin mukaan. Yleensä puhutaan pysähdysajasta, joka kuvaa aikaa kun tavara ei liiku. (Sakki 2009, 76.) Sakin mukaan pysähdysaika voidaan laskea alla olevalla kaavalla 3.

$$\text{Varaston pysähdysaika} = \frac{365}{\text{varastonkierto}} (d) \quad (\text{Kaava 3.})$$

Korkea varaston kiertonopeus edesauttaa varaston hallintaa ja tuottaa parempia tuloksia yritykselle. Tällä tavoin varaston arvo säilyy pienenä jatkuvan kierron takia, eikä isoja nimikkeiden saldoarvoja synny kuormittamaan varastoa. (Karrus, 2003, 177.) Alla olevassa kuvassa 14 on esimerkkinä palautinjousia varastoituna pienten leukamurskainten kokoonpanolinjalla. Tuotteita on iso määrä ja suurin osa niistä on pölyisiä, mikä taas kertoo huonosta varaston kiertonopeudesta. Osat ovat kauan varastoituna, jolloin niissä on kiinni paljon sitoutunutta pääomaa. Mahdolliset virheelliset tuotteet eivät myöskään tule ilmi helposti.



KUVA 14. Pölyisiä osia varastossa (Kuva: Teemu Nieminen)

Yleisimmät materiaalihuollon kustannukset muodostuvat ostettavien osien hinnoista, oston kustannuksista, kuljetuksista ja vastaanotosta sekä varastointikustannuksista. (Haverila ym 2009, 443–444).

### **4.3 Alihankkijasuhteiden parantaminen**

Nykypäivän teollisuusyritykset keskittyvät yhä enemmän ydinosaamiseensa joten alihankkijoiden rooli tuote- ja osatoimituksissa on suuri osana tuottavaa yritystoimintaa. Yritysten on kehitettävä yhteistyötä erilaisten alihankkijoiden kanssa, joka edellyttää yritysten ja alihankkijoiden välistä pitkäjänteisyyttä sekä avoimuutta. Yrityksen ja alihankkijan suhdetta on jalostettava siten, että toimintaketjun lopputuloksena asiakas saa kilpailukykyisen tuotteen oikeaan hintaan ja oikeaan aikaan. (Haverila ym, 2009, 25.)

Toyotalla on käytössään erittäin tiukat laatustandardit ja se edellyttää samaa laatua myös käyttämiltään alihankkijoilta. Autoteollisuudessa toimivat alihankkijat ovatkin jatkuvasti raportoineet, että Toyota on heidän paras asiakkaansa, mutta myös samalla vaativin. (Liker 2006, 199.) Alihankkijoita tulee kannustaa yrityksen toimintamalleihin ja pyrkiä jatkossa JIT-periaatteen mukaiseen toimintamalliin, jolloin alihankkijat toimittavat tilatut tuotteet juuri oikeaan aikaan ja paikkaan, ilman että yritys joutuu varastoi-  
maan toimitettuja tuotteita.

### **4.4 Materiaalien ohjaustavat**

Metsolla käytössä on useita materiaalien ohjaustapoja. Tässä työssä fokuksena ovat tavat, joiden kanssa itse olen ollut tekemisissä opinnäytetyön aikana. Metsolla on käytössä neljä eri ohjaustapaa, jotka ovat backflush- , hyllypalvelu-, visuaalisesti ohjattavat sekä MRP -nimikkeet. Alla olevassa kuvassa 15 on esimerkkejä lapuista, joita on hyllypaikoilla. Jokaisen nimikkeen, eli osan varastopaikan yhteydessä on oltava kyseinen merkintä, mistä selviää esimerkiksi tuotteen nimike, varastopaikka sekä ohjaustapa.

VARASTOPAIKKA	VARASTOPAIKAN DESCRIPTION	INVENTOINTITIEDO
TAVARANTOIMITTAJA	ERÄKOKO	
MATERIAALITUNNUS	MATERIAALIN NIMI	
OHJAUSTAPA JÄRJESTELMÄSSÄ	BACKFLUSHTIETO	
SM01	MI-08-A	INVENTOIDAAN!
340897-1220	BUSHING M12 14/20X20@	
FI05: MRP with s.stock	Backflush	
M004	MA-05-B	EI INVENTOIDA!
706300788990	CNNCTN 5C6MXS	
FI10: Hyllypalvelu		
M206	MI-08-A	EI INVENTOIDA!
N02102010	NOZZLE UNIJET B1/4 TT + TX-3	Eräkkoko: 100
FI09: Visuaalisesti ohjattava		
M206	MI-08-A	INVENTOIDAAN!
MM0209289	PIPE SUPPORT	
FI01: MRP		

Laatikon väri

KUVA 15. Materiaalien ohjaustavat (Kuva: Metso Minerals Oy)

Backflush-osat ovat MRP-ohjattuja nimikkeitä, jotka on varattu tiettyjen tuotantoalueiden käyttöön. Materiaaleja on keskusvarastossa, josta niitä jaetaan välivarastoon tarpeen mukaan. Näiden nimikkeiden saldon seuraaminen on automaattista. Kyseiset osat on määritetty SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä tietyille kokoonpanovaiheille ja niiden saldomäärät vähenevät automaattisesti, kun työntekijä valmistaa tietyn työvaiheen kokoonpanosta. Tuotteiden hyllypaikat on merkitty sinisillä ohjauskorteilla.

Visuaalisesti ohjattavat nimikkeet toimivat kaksilaatikko periaatteella (kuva 16). Hyllyssä on kaksi laatikkoa, kun ensimmäinen tyhjenee, toimitetaan kyseisen osan tilauslappu Kanban-tauluun, josta materiaalihuolto toimittaa sen ostajalle. Uusien tuotteiden tilaamisen ajan käytetään toisen, täyden laatikon materiaalia. Tilauksen saavuttua täydennetään jälleen toinen laatikko ja palautetaan tilauslappu paikalleen. Visuaalisesti ohjatut nimikkeet ovat Metsolla keltaisissa laatikoissa. Visuaalisten tuotteiden toimintaohje Metson työntekijöille on Liittessä 8.



KUVA 16. Visuaalisesti ohjattu kaksilaatikko -järjestelmä (Kuva: Teemu Nieminen)

Saldollinen, käsin poimittava ohjaustapa pitää sisällään MRP-ohjattuja saldollisia nimikkeitä, joiden saldopoiminnoista ja varastoinnista vastaa materiaalihuoltaja. Näiden osien ohjauskortit on merkitty vihreällä värikoodilla. Materiaalihuoltajat saavat tällaisten nimikkeiden poimintalistat päivittäin työnjohdolta. Poimintalistalla on nimikkeen tunnus, työpiste ja päivämäärä, jolloin tuotetta tarvitaan asennuksessa.

Punaisella värillä olevat ohjauskortit sekä laatikot merkitsevät hyllyynkantotuotteita. Sopimustoimittaja vastaa näiden nimikkeiden saatavuudesta ja hyllytyksestä. Toimittaja huolehtii kaksilaatikkojärjestelmän täyttämisestä omasta varastosta. Mikäli tuotteen saatavuudessa on ongelmia, otetaan ensisijaisesti yhteys tavarantoimittajaan. Alla olevassa kuvassa 17 on hyllyynkantotuotteita oikean värisissä laatikoissa.



KUVA 17. Hyllyynkantotuotteita hyllyssä (Kuva: Teemu Nieminen)

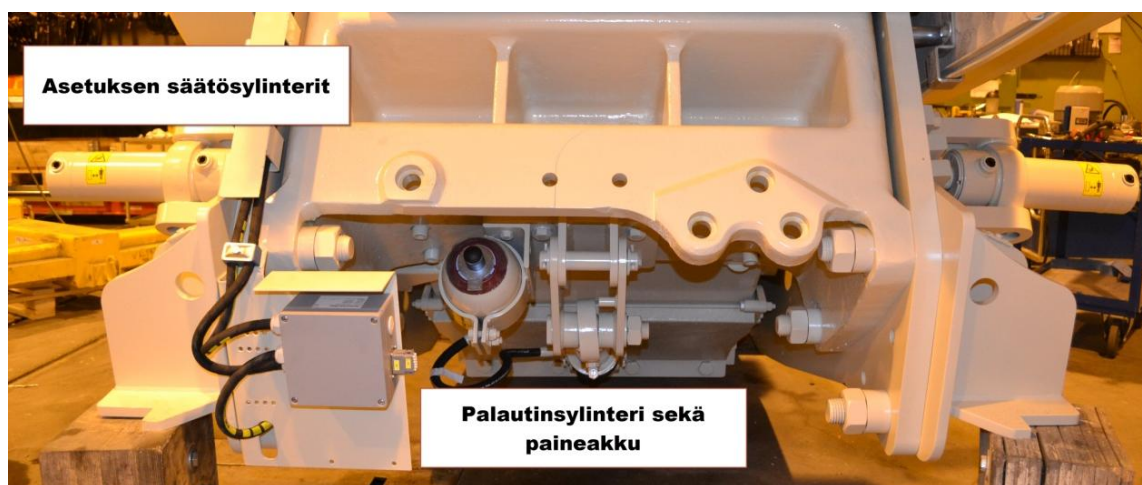
## 5 LÄHTÖKOHDAT JA NYKYTILANNE

Työ aloitettiin kartoittamalla linjakokoonpanossa valmistettavat tuotteet sekä niiden erilaiset versiot. Lähtökohtiin perehdyttiin haastatteleamalla linjakokoonpanon asentajia, materiaalihuoltajia sekä esimiehiä, jotta saatiin mahdollisimman kattava kuva kokoonpantavista tuotteista ja nykyisistä ongelmatilanteista. Työn alussa seurattiin kokoonpanovaiheita ja tehtiin havaintoja ongelmatilanteista sekä kartoitettiin, kuinka materiaalit nykyisin kulkeutuvat kokoonpanolinjalle.

### 5.1 Linjakokoonpanossa valmistettavat tuotteet

Pienten leukamurskainten kokoonpanolinjalla valmistetaan pääsääntöisesti kahta erikoista murskainta. Koneet ovat C96 ja C106 leukamurskaimia ja ne valmistetaan aina tuotantotilauksen sisältämien vaatimuksien mukaisiksi. Koneita on mahdollista tilata erilaisilla optioilla, joten kahden peruskoneen lisäksi lisävarusteet muodostavat aina lisätyötä kokoonpanossa. Linjalla valmistettavat laitteet ovat joko hydraulisella, mekaanisella tai automaattisella asetuksensäädöllä varustettuja malleja. Eri asetuksensäätömahdollisuudet vaikuttavat kokoonpanossa tarvittaviin osiin.

Yleisin pienten leukamurskainten kokoonpanossa valmistettava malli on varustettu hydraulisella asetuksensäädöllä, joka menee maalauksen ja varustelun jälkeen yleensä asennettavaksi Lokotrack-sovelluksiin. Alla olevassa kuvassa 18 on hydraulisella asetuksensäädöllä varustettu C106 murskain.



KUVA 18. Hydraulinen kiilansäätö (Kuva: Teemu Nieminen)



Aktiivinen asetuksensäätö on laitteista kallein ja eniten hydraulikkaa sisältävä kokonaisuus. Kyseiset koneet vaativat eniten pientarvikkeita ja osia materiaalihuollon osalta. Laitteita suositetaan esimerkiksi purkutyömailla, joissa murskaimen kitaan saattaa joutua murskattavan aineen lisäksi metallia. Aktiivinen asetuksensäätölaitteisto havaitsee mahdollisen metallin murskaimen leukojen välissä ja estää laitteen rikkoontumisen. Alla olevassa kuvassa 19 on ASC (Automatic Setting Control) kone. Laitteita toimitetaan Lokotrack-sovelluksiin sekä irtokoneina.



KUVA 19. Aktiivinen asetuksensäätö (Kuva: Teemu Nieminen)

Mekaanisen asetuksensäädön etuina ovat edullisuus ja yksinkertainen rakenne. Vastavasti mekaanisesti säädettävän koneen asetuksensäädön muuttaminen vaatii fyysistä työtä työntekijältä. Alla olevassa kuvassa 20 on mekaanisella säädöllä varustettu leuka-murskain. Toimintaperiaate on sama pienissä ja isoissa laitteissa. Sivusylinterien tilalla on mekaaniset säätölaitteet ja palautinsylinterin tilalla jousi.



KUVA 20. Mekaaninen asetuksensäätö (Kuva: Teemu Nieminen)

## 5.2 Linjakokoonpanon kolme asennuspaikkaa

Pienten leukamurskainten kokoonpano tapahtuu linjamaisesti kolmella eri asennuspaikalla, jotka ovat heiluri-, runko- ja loppukokoonta. Näiden lisäksi on myös murskainten koekäyttöpaikka. Kaikkiin kolmeen kokoonpanopaikkaan tulee erilaisia osia, koekäyttöosuus ei vaadi materiaalihuollon osalta toimenpiteitä.

Heilurikokoonpanossa keskeisiä komponentteja on epäkeskoakseli, laakerit sekä runkolaakeripesät. Heilurin kokoonpano koostuu monesta pienestä työvaiheesta ja siihen tarvitaan useita osia materiaalihuollon osalta. Alla olevassa kuvassa 21 heiluriin on asennettu epäkeskoakseli sekä mangaanileuka. Runkolaakeripesät ovat vielä asentamatta.



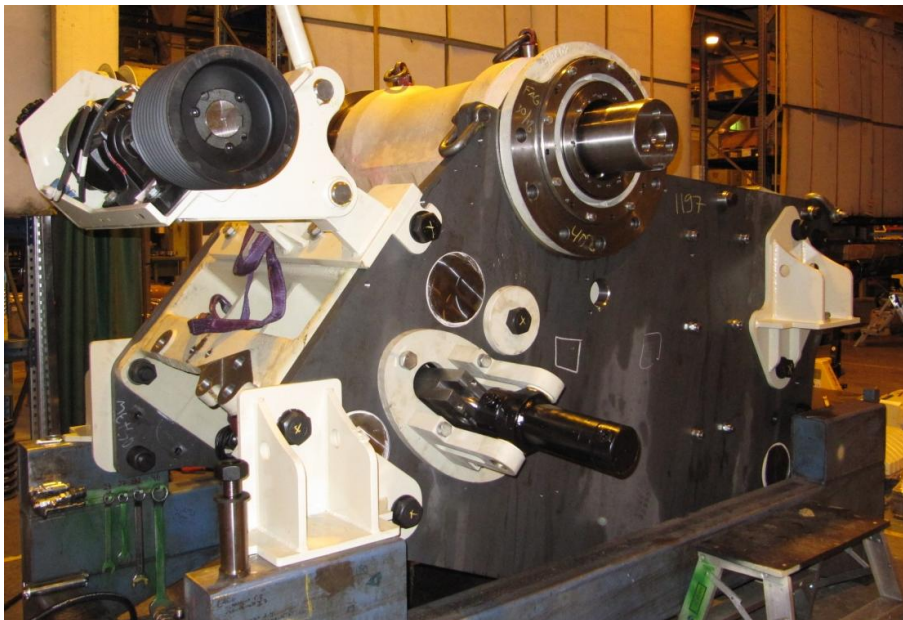
KUVA 21. Heilurikoonta (Kuva: Teemu Nieminen)

Runkokokoonpanossa sivulevyt sekä etu- ja takapäätty liitetään yhteen. Asiakkaan tilauksen mukaan valitaan joko hydraulinen-, mekaaninen-, tai aktiivinenasetuksensäätö. Tässä asennusvaiheessa materiaalivirta on suurinta, koska osia tarvitaan eniten ja isoja komponentteja on toimitettava kokoonpantavaksi. Kuvassa 22 on rungon asennus käynnissä.



KUVA 22. Runkokoonpano (Kuva: Teemu Nieminen)

Loppukoontavaiheessa heiluri ja runko liitetään yhteen ja kootaan määritellyillä osilla loppuun. Alla olevassa kuvassa 23 on C106 murskain viimeisessä asennusvaiheessa. Tähän vaiheeseen sisältyy myös paljon kokoonpantavia osia, jotka aiheuttavat materiaa-  
livirtaa.



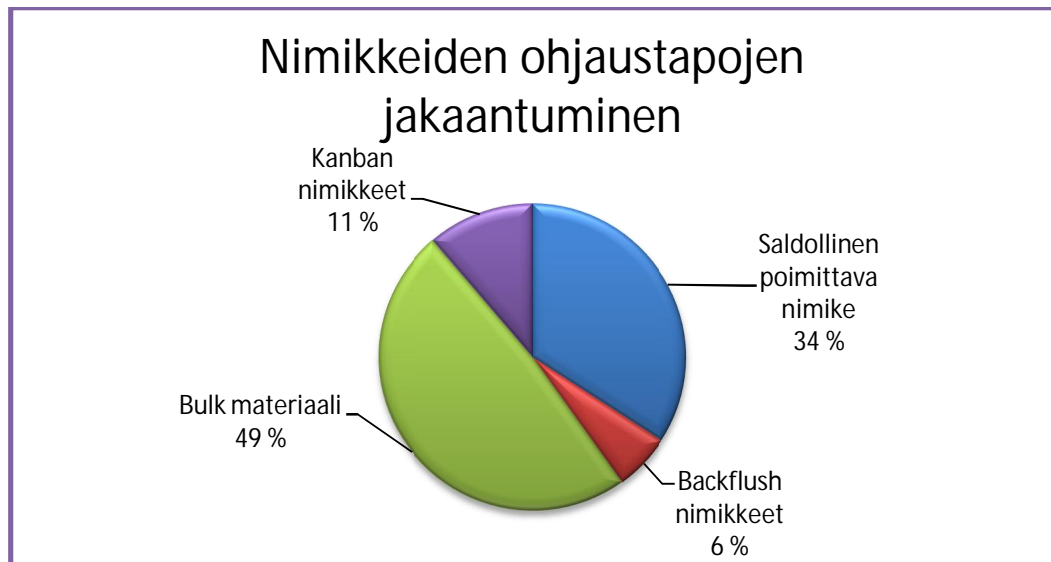
KUVA 23 Loppukokoonpano. (Kuva: Teemu Nieminen)

### 5.3 Nykytilanne materiaalihuollon kohdalta

Nykyinen tilanne materiaalihuollon osalta on haastava, koska osien varastointia on kah-  
dessa eri paikassa, Lokomon tontilla sekä ulkopuolisessa varastossa. Osa kokoonpanta-



vista osista tulee settikeräilyinä kokoonpanoon ja loput osat asentajat ottavat itse hyllystä, johon materiaalihuoltajat hyllyttävät toimittajilta tulleita tavaroita. Alla olevassa kuviossa 2 on suuntaa antavasti materiaalien jakautuminen nykytilanteessa eri ohjaustapoihin. Kuvio on laadittu C106 murskaimen osien perusteella ja siitä voi todeta, että käytössä on useita eri ohjaustapoja.



KUVIO 2. Nimikkeiden ohjaustapojen jakaantuminen (Teemu Nieminen)

#### 5.4 Työntekijöiden haastattelu

Työn aluksi oli tärkeää kuunnella työntekijöiden mielipiteitä tämänhetkisestä tilanteesta ja sen toimivuudesta. Alkuhaastattelu toimii pohjana erilaisille kehitysideoille, joita tullaan ehdottamaan työssä. Kysymykset laadittiin etukäteen ja harkiten. Lopputuloksena päädyttiin kuuteen kysymykseen, joihin asentajia pyydettiin vastaamaan. Kysymyksillä haluttiin kerätä mielipiteitä esimerkiksi materiaalivirran nykyisiin ongelma-kohtiin sekä hyllypalvelun toimintaan. Haastattelu vahvisti omakohtaisia kokemuksia linjakokoonpanon toimivuudesta. Työntekijöiden mielipiteet ja kehitysehdotukset ovat arvokasta tietoa, kun kehitetään toimivaa ja tehokasta kokoonpanoympäristöä. Haastattelussa esitetyt kysymykset ja niiden vastaukset ovat esitetty liitteessä 1.

#### 5.5 Nykyiset settikeräilylavat

Tiettyjä osia toimitetaan nykyäänkin settikeräilytyylisesti kokoonpanoon. Kokoonpanovaiheiden kaikkia tarvittavia osia ei kuitenkaan toimiteta settikeräilyinä, vaan nykytilanteessa vain tietyt osat tulevat asennuspaikalle settikeräilyinä. Kuvassa 24 on tyypillinen tämänhetkinen settikeräilylava. Esimerkiksi runkokokoonpanoon tulee jopa neljä lavaa yhtä konetta varten.



KUVA 24. Nykyinen settikeräilylava (Kuva: Teemu Nieminen)

Osia tulee kokoonpanolinjalle myös erilaisilla lavoilla, esimerkiksi ulkohyllypaikoilta, mistä osien ottaminen asennukseen ei välttämättä ole asennusteknisesti järkevää. Kuvassa 25 on murskaimen kannattimia toimitettuna asennuspaikalle. Kannattimet tulevat erillisellä lavalla linjakoontaan ja niiden ottaminen asennettavaksi on hankalaa, koska neljä kannatinta on yleensä samalla lavalla huonossa järjestyksessä. Tällaisten painavien tuotteiden käsittely pitäisi olla turvallista ja helppoa. Ongelmana on myös, että materiaalihuoltajan keräyslistalla olevat komponentit ovat satunnaisessa järjestyksessä, joka aiheuttaa sen, että osat kulkeutuvat epäkiitollisessa järjestyksessä asentajille kokoonpanoon.



KUVA 25. Murskaimen kannattimia (Kuva: Teemu Nieminen)

Usein osia tulee myös väärille kokoonpanopaikoille. Tässä esimerkissä (kuva 26) heilurin- ja rungon kokoonpano-osat ovat sekaisin. Lava on väärässä paikassa ja toisen kokoonpanovaiheen tuotteet on haettava erikseen, kun niitä käytetään.



KUVA 26. Eri kokoonpanovaiheiden osia väärillä paikoilla (Kuva: Teemu Nieminen)

## 5.6 Lavajäte

Nykyisin osat toimitetaan kokoonpanoon yleensä EURO-lavoilla. Yhdelle lavalle mahtuu vain vähän osia, joten lavoja tulee useita yhdelle kokoonpanovaiheelle. Useista lavoista syntyy paljon turhaa jätettä, joka aiheuttaa epäsiisteyttä kokoonpanolinjalla. Kyseisestä usean lavan tavarantoimituksesta on tarkoitus päästä jatkossa eroon mahdollisuuksien mukaan. Turhaa työtä on myös lavojen kerääminen pinoihin asennuksen jälkeen, jotta materiaalihuolto voi ne kuljettaa pois. Kuvassa 27 on tyypillinen jätelava pino.



KUVA 27. Pakkausjätettä (Kuva: Teemu Nieminen)



## 5.7 Tukkoisuus

Kokoonpanolinja on pieni ja kohtuullisen ahdas ja sen materiaaliliikenne tapahtuu pääosin hallin päistä. Mikäli nykyisessä toimintatavassa tulee ongelmia, esimerkiksi myöhästymisiä koneiden kokoonpanon aloituksessa, pakkaantuvat materiaalit väärille paikoille tilanpuutteen vuoksi. Alla olevassa kuvassa 28 on settilavoja väärillä paikoilla koska niitä ei ole pystytty toimittamaan asennuspisteille.



KUVA 28. Lavat väärillä paikoilla (Kuva: Teemu Nieminen)

Alla olevasta kuvasta 29 voi havaita tämänhetkisen ahtauden kokoonpanossa. Isot kokoonpantavat osat tukkivat asennuspaikan ja työskentely on hankalaa ja ahdasta. Kuvassa taustalla esiintyvän hyllyn täyttäminen hyllypalvelunpuolesta on myös hankalaa.



KUVA 29. Ahdas asennuspiste (Kuva: Teemu Nieminen)

## 5.8 Osia hyllyvarastopaikoilla

Osan tarvittavista osista asentajat ottavat itse hyllystä. Kuvassa 30 on hylly, josta osia otetaan suoraan asennukseen. Hylly on usein epäjärjestyksessä ja saldovirheitä syntyy. Hyllyyn on kerääntynyt paljon tuotteita, joita käytetään kokoonpanossa todella harvoin tai komponentit on tuotemuutosten takia vanhoja sekä turhia.



KUVA 30. Linjakokoonpanossa oleva hylly (Kuva: Teemu Nieminen)

## 5.9 Osia lattiavarastopaikoilla

Kokoonpanopaikan lattiavarastopaikoilla on myös paljon osia, joita materiaalihuolto täydentää tarpeen vaatiessa. Tuotteet ovat backflush-ohjattuja nimikkeitä ja niiden täydennys tapahtuu materiaalihuollon toimesta. Osien materiaalisaldojen määrät vaihtelevat koneiden valmistuksen mukaan. Kuvassa 31 on tyypillinen lattiapaikka kokoonpanopaikan vieressä. Ideana on, että osat ovat lähellä kokoonpantavaa tuotetta. Kokoonpanolinjalla varastoitavat osat vievät paljon asennustilaa ja niiden täydentäminen vaatii trukkiliikennettä. Lattiavarastopaikkojen idea on nykyään hieman vääristynyt, koska osia kertyy niihin turhan paljon, kuten kuvasta 31 käy ilmi. Esimerkiksi vastapainoja on noin kahdenkymmenen koneen tarpeeseen, mikä ei vastaa nykyistä JIT-ajattelumallia.





KUVA 31. Lattiavarastopaikka (Kuva: Teemu Nieminen)

### 5.10 Hyllypalvelun toiminta

Linjakokoonpanossa käytetään paljon bulk-osia, joita sopimustoimittaja tuo asennuspaikalle. Tällä hetkellä toiminnassa on kehitettävää. Alla olevassa kuvassa 32 on tyypillinen hyllypalvelun käytössä oleva hylly. Tarkoitus on, että tuotteet toimitetaan oikeille paikoille helposti saatavilla olevissa pakkauksissa, mutta todellisuudessa näin ei ole. Komponentit ovat väärillä kokoonpanopaikoilla ja toimitettuina pienissä pahvilaatikoissa, joiden purkaminen jää asentajien tehtäväksi. Toimintatavasta syntyy epäsiisteyttä ja turhaa työtä, kun osia etsitään linjan eri hyllyistä ja pakkausjätettä viedään roskeen.



KUVA 32. Hyllypalvelun käytössä oleva hylly (Kuva: Teemu Nieminen)

Tällä hetkellä toimittaja jättää tuotteita myös väärille paikoille, jolloin syntyy epäjärjestystä ja asennustila pienenee. Kuvassa 33 on tyypillinen toimittajan tapa tuoda bulk-osia asennukseen. Isot toimitusmäärät asennukseen aiheuttavat myös ongelmia, mikäli tuotteissa havaitaan virheitä. Virheellisen tuotteen ilmetessä yleensä huomataan, että koko toimituserä on virheellinen. Suuren erän ilmetessä vialliseksi, on ehdottoman tärkeää saada nopeasti uusia käyttökelpoisia tuotteita tilalle, jottei tuotanto keskeydy.



KUVA 33. Tyypillinen toimitustapa bulk-materiaalille (Kuva: Teemu Nieminen)

## 6 TYÖN TEKEMINEN

Työn lähtökohtiin ja materiaalihuollon tämänhetkisiin ongelmatilanteisiin tutustumisen jälkeen ryhdyttiin kartoittamaan pienten leukamurskainten kokoonpanolinjalla käytettäviä osia, niiden varastointimahdollisuuksia sekä settikeräys ideoita.

### 6.1 Osien selvittäminen

Työ aloitettiin listaamalla Excel-taulukkoon Metson toiminnanohjausjärjestelmästä, eli SAP:sta, C106 ja C96 murskaimen osalistat. Settikeräilyä varten oli selvitettävä osalistasta, mitkä osat on tuotava tietylle kokoonpanovaiheille asennukseen. Kokoonpanolinja toimii kolmessa eri vaiheessa ja niille jokaiselle täytyy toimittaa tarvittavat komponentit.

### 6.2 Osat keräilyinä vai kokoonpanolinjalla?

Lähtökohtana on siirtää kaikki varastoitavat osat yhteen varastoon, josta ne kuljetetaan settikeräilyinä kokoonpanopaikalle JIT-periaatteen mukaisesti. Varastohallinta on helppoa, mikäli osia on varastossa vain yhdessä keskitetyssä paikassa. Kokoonpanossa kuitenkin tarvitaan jatkuvasti tiettyjä osia, joita ei ole järkevää tuoda settikeräilyn puitteissa. Työn tilaajan kanssa sovittiin, että varaston siirtovaiheessa siirrettäisiin mahdollisimman paljon osia pois Lokomon tontilta. Tarpeen vaatiessa lisätään visuaalisesti ohjattavien osien määrää kokoonpanolinjalla, mikäli se nähdään työntekijöiden mielestä järkeväksi.

#### 6.2.1 Linjakokoonpanossa varastoitavat osat

Kuvassa 34 (sivu 41) olevat suojapellit on syytä jättää jatkossa kokoonpanopaikalle. Levyt tulevat toimittajalta alla olevan kuvan mukaisesti nipussa, ja ne on helppo toimittaa asennuksen lattiapaikalle jatkossakin. Ei ole järkevää eikä turvallista keräillä ja lähettää tämänlaisia tuotteita yksitellen kokoonpanoon. Levyt voidaan jatkossa varastoida keskusvarastolla, mutta linjakokoonpanoon ne voidaan toimittaa isommissa nipuissa. Levyjen varastointi ei ole kokoonpanossa ongelma, koska tilaa tulee lisää alueelle hyllyjen poistumisen johdosta.





KUVA 34. Suojapellit (Kuva: Teemu Nieminen)

Akselit ja runkolaakeripesät valmistetaan linjakokoonpanon lähellä, Metson toimesta. Aihiot näille tuotteille toimitetaan suoraan Lokomon tontille. Kyseisiä tuotteita ei kannata varastoida ulkopuolisessa varastossa. Nykyisin akseleilla ja pesillä on omat varastopaikkansa, josta materiaalihuoltaja toimittaa ne tarpeen mukaan kokoonpanoon. Hyllyjen poistumisen myötä, akselien ja runkolaakeripesien varastointipaikka voisi olla heilurikokoonpanopisteen yhteydessä, jolloin turha varastosta hakeminen kokoonpanopaikalle poistuu. Alla olevassa kuvassa 35 on C106 murskaimen akseleita varastoituna nykyisellä varastopaikalla, josta ne täytyy siirtää vielä materiaalihuoltajan toimesta kokoonpanoon. Kuvan oikeassa reunassa olevat akselit ovat väärässä paikassa, jolloin ne haittaavat nykyistä trukki liikennettä, koska vieressä olevaan hyllyyn ei trukilla pääse.



KUVA 35. Epäkeskoakseleita varastossa (Kuva: Teemu Nieminen)

Kokoonpanossa käytetään myös komponentteja, joita täytyy koneistaa niiden asennuksen yhteydessä. Näiden osien varastoiminen on kannattavaa edelleen lähellä asennuspistettä. Koneistusvaiheessa saattaa osiin syntyä inhimillisiä virheitä ja uusi osa on saatava nopeasti tilalle. Tällaisen ”korkean riskiryhmän” -tuotteita ei kannata toimittaa settikeräilyinä. Komponentteja ovat välitankojen sovituspalat eli ”hevosenkengät” ja hokkakiiilat. Ennen varaston siirtämisen aloittamista on kokoonpanolinjan asentajien kanssa käytävä osanimikkeet läpi, jotka jätetään visuaalisesti ohjattaviksi lähelle kokoonpanopistettä. Tuotteita ei ole paljon ja niiden selvittäminen kannattaa suorittaa tarkasti, ennen varaston siirtämistä.

### 6.3 Turhat ja vanhat osat

Kokoonpanolinjalla on varastoituna paljon sinne kuulumattomia sekä vanhanmallisia osia ja kiinnitystarvikkeita. Näiden tuotteiden osalta on tehtävä selvitys ja poistettava mahdollinen turha tavara 5S toiminnan mukaisesti. Kaikki ylimääräiset osat ovat hukkaa, jotka lisäävät kustannuksia ja vaativat säilytystilaa. Alla olevassa kuvassa 36 on ohjeistuslappu hyllyn käyttäjille toimintamallista, joka hyllyille suoritetaan.



KUVA 36. Tarpeettomien osien kartoitus (Kuva: Teemu Nieminen)

Yksinkertainen lappukeino on käytännöllinen työväline kyseiseen kartoitusvaiheeseen. Jokaiseen laatikkoon laitetaan punainen merkintälappu. Aina kun asentaja käyttää kyseistä tarviketta linjakokoonpanossa tehtävään työhön, hän poistaa lapun laatikosta. Kyseinen toimenpide on hyvä suorittaa ennen isoja layout-muutoksia, jotta turhia osia ei

tarvitse siirtää ja miettiä niille tilaa hyllystä. Tarvittavat komponentit saisi tietysti etsittyä SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä, mutta se on työlästä ja hankalaa. Konemalleja on useita ja kokoonpanolinjalla tehdään myös muita kokoonpanotuotteita, kuten automaattisia voitelulaitteita sekä hydrauliyksiköitä, joihin tarvitaan myös omat kiinnitystarvikkeet. Haasteena ovat myös nimikkeiden erilaiset koodit, jotka ovat muuttuneet ajansaatossa, esimerkkejä näistä ovat N-, MM- ja 7 -sarjalliset nimikkeet. Alla olevassa kuvassa 37 on kokonainen hylly lappukeinon selvityksen alla. Hylly voidaan käydä läpi, kun katsotaan, että kaikki kokoonpantavat konemallit ovat menneet linjan läpi ja tietyt muut kokoonpantavat tuotteet on kertaalleen linjakokoonpanossa tehty. Ajanjakso on suunnilleen 3-6 kuukautta.



KUVA 37. Hylly laputettuna (Kuva: Teemu Nieminen)

Hyllypalvelun lisäksi muut linjakokoonpanossa olevat hyllyt on hyvä selvittää turhien, vanhojen ja erittäin harvoin käytettyjen osien osalta. Hyllyissä on isoja eriä osia, joita käytetään kokoonpantavissa tuotteissa harvoin. Tämä kertoo ongelmista tuotteiden oston osalta. Linjakokoonpanon asennuspaikoilla on vain muutamia pientavarahyllyjä, jotka on helppo selvittää asentajien, materiaalihenkilöiden ja esimiesten yhteistyöllä. Tuotemuutosten johdosta hyllyissä on paljon osia, joita ei enää käytetä murskainten kokoonpanossa, joten niitä on turha siirtää uuteen keskusvarastoon. Lean-periaatteen mukaan poistetaan ylimääräinen haitta kokoonpanosta. Likaiset ja sekavat hyllyt eivät anna ammattitaitoista kuvaa nykyaikaisesta laadukkaasta konepajaympäristöstä. Vanhojen tarvikkeiden poistaminen pientavarahyllyistä lisää siisteyttä ja vähentää turhaa tuot-



teiden etsimistä. Kuvassa 38 on tyypillinen ongelmallinen varastopaikka tuotteille. Laatikot on epäselvästi merkitty, hylly on epäsiisti ja siellä on harvoin käytettyjä osia.



KUVA 38. Harvoin käytettävien osien määrittely (Kuva: Teemu Nieminen)

#### 6.4 Pientavarakartoitus

Linjakokoonpanossa käytetään paljon pieniä kokoonpanotarvikkeita. Tällaiseksi luen esimerkiksi erilaiset holkit ja tapit. Nimikkeitä on paljon ja yleinen ohjaustapa näille tuotteille on kaksilaatikko Kanban -toimintatapa. Kuvassa 39 (sivu 45) on tyypillinen pientavarahylly, jota materiaalihuoltajat täydentävät tarpeen vaatiessa. Hylly voisi toimia läpivirtaavana, mutta se on asetettu seinää vasten, jolloin täydentäminen ja osien käyttäminen tapahtuu epäloogisesti yhdeltä puolelta.



KUVA 39. Pientavarahylly (Kuva: Teemu Nieminen)

Esimerkiksi alla olevan kuvan 40 mukaiset holkit vaativat tuotteen ostajilta, materiaali-  
huolloilta ja asentajilta työtä, jotta tuotetta on saatavilla. Kyseisten osien kartoittaminen  
ja niiden ohjaustavan uudelleen miettiminen on myös ajankohtaista. Holkeista tehtiin  
kartoitusta, riittäisikö niihin jatkossa sinkitys vai täytyykö joidenkin holkkien olla maa-  
lattuja. Asiasta oltiin yhteydessä tuotteiden suunnitteluun ja useimmassa tapauksessa  
maalaminen nähtiin turhaksi. Mikäli tuotteisiin on tehtävä muutoksia, on niistä luotava  
suunnitteluun työnjohdon toimesta ECR eli Engineering Change Request, jolloin työ-  
pyyntö nousee suunnittelijoiden työlistalle. Sinkitseminen on halvempaa kuin maalaa-  
minen, joten tästä toimenpiteestä saadaan jatkossa säästöjä materiaalien ostamisessa.



KUVA 40. Visuaalisesti ohjattavia holkkeja (kuva: Teemu Nieminen)

## 7 SETTILAVAKERÄILY

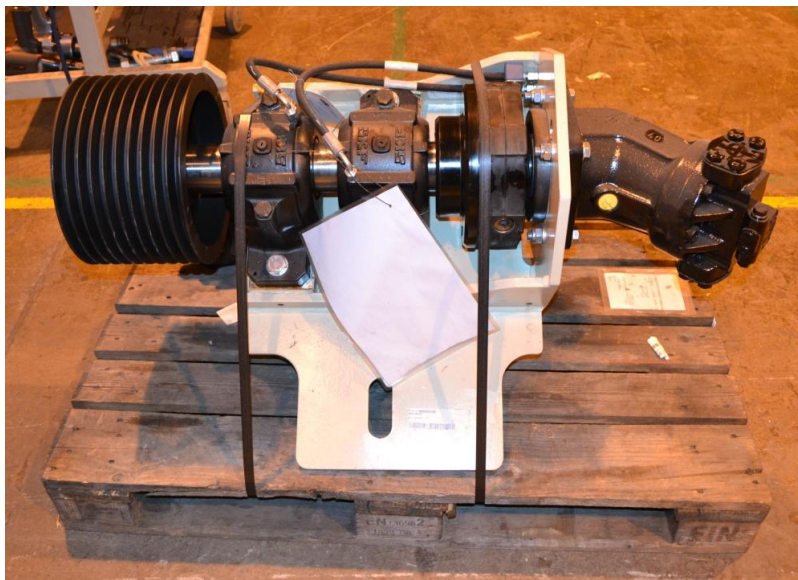
Osaselvityksen jälkeen aloitettiin settikeräilylavojen suunnittelu ja hahmottelu. Pääperiaatteena oli vähentää lavamäärää, miettiä pakkaamisen helppoutta ja osien asennusjärjestystä lavan purkamisvaiheessa. Turvallisuuden lisääminen tavaroiden käsittelyssä ja trukkiliikenteen vähentäminen asennuspaikoilla ovat myös keskeisiä asioita. Alkuseelvityksen jälkeen päätettiin, että kullekin kokoonpanoalueelle tulisi yksi isompi lava, jossa olisi kaikki tarvittavat komponentit.

### 7.1 Suunnittelu & luonnostelu

Lavoja lähdettiin suunnittelemaan osalistaselvityksen pohjalta. Apuna käytettiin AutoCad Inventor ohjelmaa, jolla tehtiin luonnokset mahdollisista lavoista. Työtä olisi edesauttanut, mikäli Metsolta olisi saanut kokoonpantavien osien kuvat AutoCad-tiedostomuodossa, mutta tämä ei ollut tietoturvasyistä mahdollista. Osat oli saatavana vain JT-muotoisessa formaatissa, jota ei pystynyt käyttämään yhdessä Autocadin kanssa. Isoimpien komponenttien kuvat selvitettiin Metson Aton-tietokannasta, josta nähtiin niiden painot ja kriittiset mitat, jotta pystyttiin suunnittelemaan lavat oikean kokoisiksi. Lähtökohtana oli pitää lavat yksinkertaisina ja monikäyttöisinä koneiden erilaisuuden takia. Liian monimutkaiset lavat eivät ole varoitavissa mahdollisiin tuotemuutoksiin ja ne ovat kalliita hankkia. Lavat suunnittelin C106 murskaimen osalta, joten pienemmän koneen eli C96 osat mahtuvat samoihin lavoihin.

### 7.2 3 + 2 lavaa

Runkoontaan tulisi yksi iso lava, johon mahtuisi kaikki koontavaiheen osat. Käyttölaite tai moottoripeti tulisi omalla lavallaan, koska niiden mahduttaminen settilavaan ei ole järkevää. Runkokoonpanoon tulisi näin ollen kaksi lavaa. Esimerkiksi käyttölaitteet (kuva 41) tulevat toimittajalta asianmukaisesti pakattuna lavalle, joten niitä ei tarvitse uudelleen pakata.

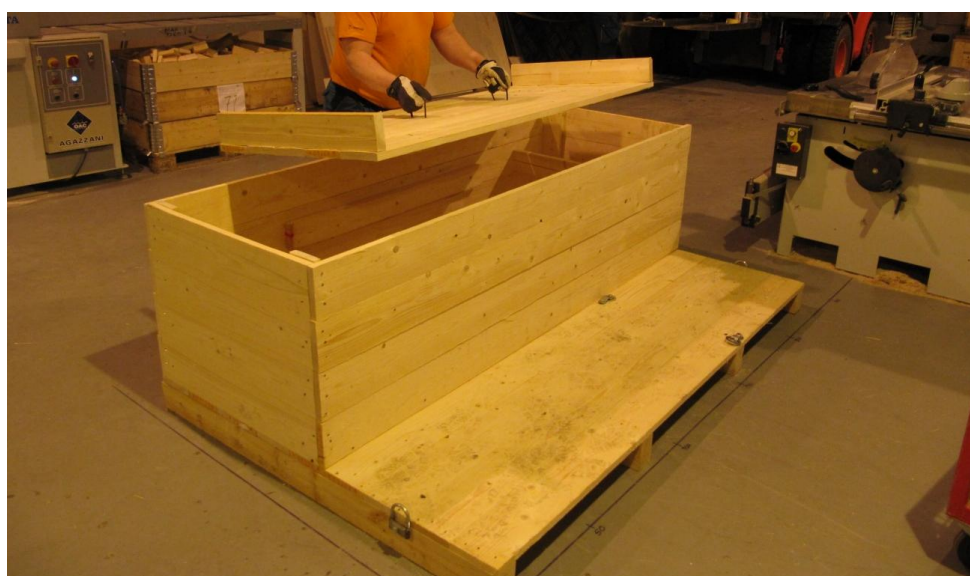


KUVA 41. Käyttölaite toimituspakkauksessa (Kuva: Teemu Nieminen)

Heilurikoonnan settikeräilyn osalta on järkevää toimittaa tuotteet yhdellä lavalla, jossa olisi kaikki tarpeelliset komponentit. Viimeiseen asennusvaiheeseen tulisi yksi settikeräilylava ja sen lisäksi vauhtipyörät tulisivat omalla lavallaan pareittain.

### 7.3 Demolavat

Kahdesta settilavasta päätettiin tehdä demoversiot Metso Mineralsin murskainlähettämössä, jossa oli erilaista puutavaraa saatavilla. Käytännön kokeileminen auttaa parhaiten tässä tilanteessa. Alla olevassa kuvassa 42 on runkokoonpanon settilava valmistusvaiheessa. Kuvassa henkilö pitää käsillään ilmassa välipohjaa, joka on olennainen osa lavaa.



KUVA 42. Settilavademo 1 (Kuva: Teemu Nieminen)



Lavojen täytyy olla mielekkäät käyttää materiaalihuoltajien ja asentajien näkökulmasta. Kivimurskaimen osat ovat yleensä raskaita, joten niiden käsittelyyn tarvitaan yleensä nosturia. Tuotteiden pakkaaminen ja purkaminen täytyy olla huomioitu mahdollisimman hyvin, jotta pystytään työskentelemään ergonomisesti, turvallisesti ja tehokkaasti. Alla olevassa kuvassa 43, on runkokoonpanon settilava täytetty kokoonpantavilla osilla. Lavan on tarkoitus toimia kaksivaiheisesti. Välipohjan päällä on ensimmäisen asennusvaiheen komponentit ja välilevyn alla seuraavan työvaiheen osat. Komponenttien pitää olla helposti käytettävissä, jottei lisätyötä synny esimerkiksi lavan turhasta purkamisesta. Lavan etualalla on murskaimen kannattimet. Kannattimet pystyy ottamaan asennettavaksi helposti ja turvallisesti.



KUVA 43. Settilavademo 1 täytettynä (Kuva: Teemu Nieminen)

Toinen settilavademo on heilurikokoonpanon lava. Lavalla tulee settikeräilynä kaikki koontavaiheessa tarvittavat osat. Mangaanileuka, epäkeskoakseli ja runkolaakeripesät tulevat edelleen Lokomon tontilta ja niillä olisi varastopaikka linjakokoonpanon vieressä. Kuvassa 44 on heilurin settilava. Demolavoihin ei ole koottu kaikkia tarvittavia komponentteja, koska niitä ei ollut testaushetkellä saatavilla, mutta kaikki oleelliset osat mahtuvat settilavoihin. Tässäkin lavamallissa on huomioitu käytettävyys ja virheiden minimointi, koska kaikille osille on tehty oma kohta, eikä lavaan jää juurikaan tyhjää tilaa.





KUVA 44. Settilavademo 2 osien kanssa (Kuva: Teemu Nieminen)

#### 7.4 Osien allokointi

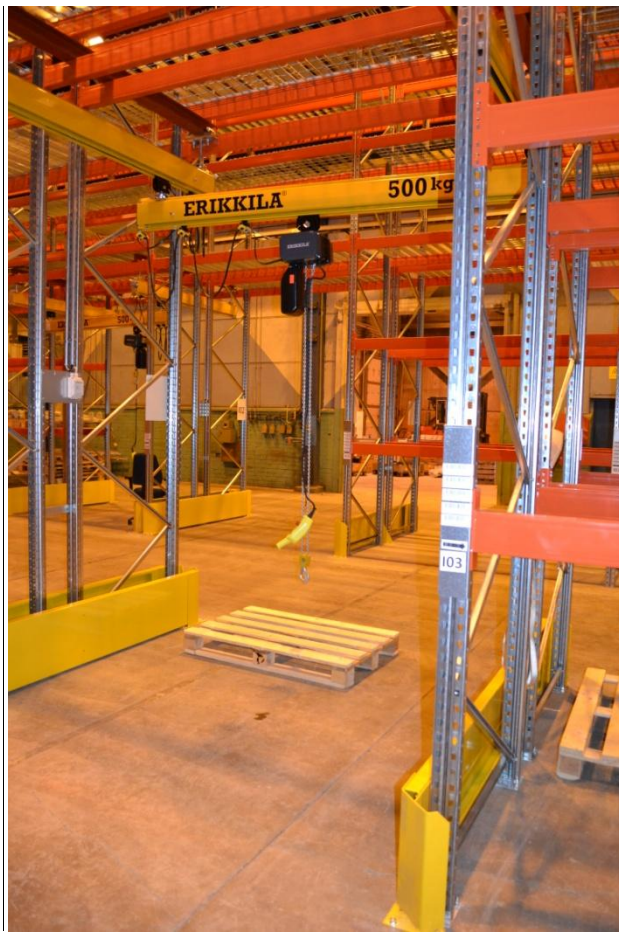
Settilavakeräily tekee muutoksia nykyiseen kokoonpanovaiheiden osien allokointiin, eli siihen, missä vaiheessa tietty osa tarvitaan kokoonpanoon. Tuotannonsuunnittelijat määrittelevät kokoonpanovaiheille tarvittavat komponentit SAP-järjestelmässä ja osatarpeet määräytyvät tietyille kokoonpanovaiheille. Mikäli settilavatoimitukset otetaan käyttöön, on allokointimuutokset tehtävä huolellisesti tuotannonsuunnittelun kanssa.

#### 7.5 Visuaalisuus

Ehdotuksena on, että kokoonpanovaiheen lattia-alue ja kyseinen settilava maalattaisiin samalla värillä. Esimerkiksi runkokokoonpanon settilavat olisivat punaisia, jolloin kokoonpanolinjalla olisi punainen alue lattiassa. Asiasta tietämätönkin henkilö osaa yhdistää punaiset asiat toisiinsa. Heiluri- ja loppukoonnan lavat olisivat myös omilla väreillään. Leanin työkalu Poka Yoke on tässä avainsanassa, kun pyritään visuaalisin keinoin poistamaan virheet toiminnasta. Mikäli värein ilmaiseminen koetaan hankalaksi, on lavat merkittävä selkeästi muilla keinoilla, jotta ne kulkeutuvat aina oikeaan asennuspaikkaan.

## 7.6 Settikeräilypaikka

Tulevaa keskusvarastoa on suunniteltu settikeräilyä varten sopivaksi. Isompi settilava kuljetetaan tiettyyn lastauspaikkaan, jossa siihen pakataan tarvittavat komponentit. Alla olevassa kuvassa 45 on settilavan lastauspaikka. Kyseinen lastauspiste on toteutettu ennen settilavojen suunnittelua ja se saattaa olla hieman alimitoitettu. Pienten leuka-murskainten mahdolliset settilavat mahtuvat leveytensä puolesta lastauspisteeseen, mutta esimerkiksi sivukiilojen nostovaiheessa saattaa tarvittava nostokorkeus loppua kesken, koska kiilat on tarkoitus sijoittaa lavaan pystyasentoon, jotta niiden käsittely on tehokasta asennuksessa.



KUVA 45. Settilavan lastauspiste (Kuva: Teemu Nieminen)

## 7.7 Ongelmanratkaisu

Settikeräilyssä isoimmaksi ongelmaksi tulee jonkun osan puuttuminen lavalta. Lean apuvälineen Andoinin pohjalta ideana olisi toteuttaa punainen ja vihreä merkintä lavan kylkeen, josta voi todeta nopeasti, onko settilavan osakeräilyssä joku ongelma. Vihreä lappu kertoo kaiken olevan kunnossa, kun taas punainen kertoo, että lavassa on osapuutteita tai viallisia osia. ”Sinä kytket andoinin, joka on tuotantoalueella sijaitseva visuaa-

*linen ohjauslaite, joka ilmoittaa työntekijöille vioista, laitteiden toimintahäiriöistä ja muista ongelmista erilaisilla signaaleilla, kuten valoilla, äänihälytyksillä jne.”* (Liker 2006, 35). Kuten Liker sanoo kirjassaan, Andon on yksi Leanin keinosta hukan poistamiseen ja sillä pyritään ilmaisemaan ongelma visuaalisesti ja selkeästi työntekijöille.

Mikäli lavaan joudutaan laittamaan punainen merkintä, on siitä täytettävä myös erillinen paperi, mistä selviää ongelmat ja se, kuka ongelman ratkaisee. Yksinkertainen toimintamalli on tärkeä ja kaikkien on osattava sitä tulkita. Alla on listattu asioita, jotka täytyy suorittaa heti, mikäli osapuutteita settikeräilyssä huomataan. Mikäli ongelmaan ei puututa heti materiaalihuollon osalta ja lava lähetetään kokoonpanoon, jossa osapuute huomataan jälleen, on todennäköistä, että asennusvaihe myöhästyy.

- Osan nimi sekä numero.
- Määrä (kpl).
- Onko osa viallinen vai puuttuuko se kokonaan.
- Ilmoittaa materiaalihuollon / asennuksen työnjohdolle.
- Kuka asiaa hoitaa eteenpäin?
- Onko työnjohdolta saatu lupa lähettää settilava kokoonpanoon vai odottaako lava osatäydennystä varastolla?
- Päivämäärä ja aika, jolloin toimenpiteet on tehty.

*”Tehtävän uudelleen aloittamisen tarve voi johtua myös siitä, että tehtävää siirrellään henkilöltä toiselle.”*(– –)*”Siirtojen määrä riippuu osittain siitä, miten prosessi on suunniteltu. Prosessit, joissa yksi ihminen tai kone voisi hoitaa kaikki tarvittavat toimenpiteet yhdessä ja samassa paikassa, ovat hyvin epätavallisia”* (Modig. Åhlström, 2013, 56). Kuten Modig & Åhlström totesivat kirjassaan (2013), hukan syntymistä lisätään, kun havaittua ongelman ratkaisua siirrellään henkilöltä toiselle. Kun virhe huomataan, on materiaalihuoltajalla oltava keinot selvittää ongelma itsenäisesti ja raportoida siitä eteenpäin. Settilavakeräilyssä ilmenee varmasti ongelmia puuttuvien osien kohdalta joskus, mutta ne on ratkaistavissa materiaalihuollon, asennuksen ja tuotteiden hankkijoiden yhteistyössä.

Toinen arkipäivän ongelma settikeräilyssä on vialliset osat. Osa on fyysisesti toimitettu asennuspaikalle, mutta siinä huomataan esimerkiksi materiaalivirhe kokoonpanossa. Uuden osan saaminen kokoonpanoon on tapahduttava jouhevasti, jotta viallinen osa aiheuttaisi mahdollisimman vähän häiriötä tuotantoketjussa. Ehdotuksena on, että asentajat ilmoittavat viallisesta tuotteesta ensimmäisenä linjakoonnan materiaalihuoltajalle,

joka tilaa uuden osan keskusvarastolta asennukseen. Keskusvaraston on siirrettävä uusi, korvaava tuote blocked stockiin, jotta viallinen osa voidaan jättää odottamaan virheilmoituksen laadintaa. Virheilmoituksen jälkeen viallinen tuote viedään asennuspaikalta materiaalihuollon määrittelemään paikkaan, johon kerätään virheellisiä tuotteita jatko-toimenpiteitä varten. Työnjohdolle on myös ilmoitettava ongelmasta ja pyydettyä apua mahdollisten ongelmien kanssa. Asentajia sekä materiaalihuoltajia on informoitava asiasta sekä varmistettava, että kaikilla työntekijöillä on selkeä toimintamalli ongelmatilanteessa. Työnjohto tai tuotteiden tarkastaja tekee viallisesta osasta virhetietokantaan raportin tuotteen ostajalle, jolloin tuote on blocked stockissa ja se ei ole mukana varaston saldomäärässä. Alla oleva kuvio 3 kuvaa toimintamallin, mikäli settikeräilyssä havaitaan viallinen tuote ja kokoonpanoon on saatava korvaava osa mahdollisimman pian.



KUVIO 3. Viallinen tuote settikeräilyssä (Teemu Nieminen)

Modig ja Åhlström (2013) totesivat, että työn siirtely henkilöltä toiselle aiheuttaa ongelmia, ja virheiden juurisyyt saattaa muuttua matkan varrella. Virheraportoinnin tekeminen työnjohdon puolesta on perusteltua, kun osassa on selkeä visuaalinen virhe tai puute. Mikäli tuote joudutaan toimittamaan tarkastettavaksi esimerkiksi mittavirheiden takia, olisi järkevää, että tuotteen reklamaation tekee kyseinen tarkastaja. Turhaa työtä syntyy, kun tarkastaja informoi työnjohtajaa ongelmasta, joka vasta laatii saamistaan tuloksista virhetietokantaan raportin osan ostajaa varten.

## 7.8 Settilavojen määrä

Settilavoja on tilattava oikea määrä, jotta niiden kierto toimii jouhevasti varastolta kokoonpanoon ja sieltä takaisin. Opinnäytetyö ei sisällä tarkkaa analysointia lavojen määrästä, mutta suuntaa antavasti on arvioitu yhden lavan kiertoaika varastolta tuotantoon ja sieltä takaisin. Alla oleva yksinkertainen taulukko 2 kertoo, kuinka monta päivää yksi lava on varattuna. Kaaviosta voidaan todeta tarvittavien päivien määrän olevan noin kuusi. Kokoonpanolinjalla realistinen tavoite on aloittaa yhden kivimurskaimen rakentaminen päivässä, joten lavoja täytyy olla useita, mikäli halutaan taata sujuva materiaa-  
livirta.

TAULUKKO 2. Yhden lavan kierto tuotannossa päivissä (Teemu Nieminen)

PÄIVÄ	LAVAN SIJAINTI
1	Varastolla odottamassa keräilyä
2	Keräilyvaihe
3	Toimitus kokoonpanoon
4	Kokoonpano
5	Kokoonpano
6	Tyhjä lava varastolle

## 7.9 Lavojen hankinta alihankkijalta

Mikäli settilavoihin päädytään, on lavat teetettävä asianmukaisesti alihankkijalla. Metso on tehnyt aiemmin yhteistyötä eri yritysten kanssa, joiden kautta voidaan tilata lavoja koekäyttöön. Alihankkija on pyydettävä paikan päälle ja esiteltävä tarpeet ja vaatimukset lavojen toiminnasta. Lavat täytyy valmistaa kestäviksi, ja tuotteet pitää pystyä sitoamaan helposti lavaan kiinni kuljetuksen ajaksi. Lavojen vaivaton kuljettaminen tyhjänä takaisin keskusvarastolle on myös tärkeä seikka, joten täytyy miettiä, onko lavoja mahdollista pinota päällekkäin.

Ehdotuksena on, että kerätään volyymituotteen osat (C106) kootusti tiettyyn paikkaan ja jaotellaan ne kolmeen eri kokoonpanovaiheeseen. Alihankkijan on tällöin helpompi saada käsitys tulevien lavojen mitoista, tarvittavasta kestävydestä sekä käytettävyydestä. Pakattavien osien ollessa helposti saatavilla on alihankkijan toimittamaa lavaa vaivaton testata ja puuttua mahdollisiin epäkohtiin välittömästi. Ensimmäisessä vaiheessa lavoja kannattaa tilata alihankkijalta yhdet jokaista koontapaikkaa kohden. Testausvaiheen jälkeen niihin voidaan tehdä muutoksia, mikäli parannettavaa löydetään.



## 8 KEHITYSEHDOTUKSET

Settilavojen lisäksi tutkimuksen aikana ilmeni paljon kehitettävää linjakokoonpanon osalta. Alla on käyty läpi kriittisimmät toimenpiteet, joilla voitaisiin edesauttaa toimivaa materiaalihuoltoa ja kokoonpanoa.

### 8.1 Materiaalihyllyt kokoonpanolinjalla

Uudessa toimivassa kokoonpanolinjan layoutissa on keskityttävä selkeyteen ja yksinkertaisuuteen. Jokaiselle kolmelle asennuspaikalle voidaan luoda tilan kasvaessa selkeät hyllyt visuaalisille kaksilaatikko osille. Paras tilanne olisi, jos visuaaliset osat, hyllyynkantomateriaali sekä bulk-osat olisivat omissa hyllyissään. Kyseinen toimintamalli helpottaisi tuotteiden ylläpitoa ja Kanban-järjestelmän läpikäynti visuaalisen tarkastamisen suhteen olisi helppoa, kun voidaan yhdellä silmäyksellä huomata mahdolliset tyhjät laatikostot tai keräämättömät ohjauskortit. Kyseisellä tavalla voitaisiin rajata selkeästi hyllyynkanto- ja bulk-materiaali pois yrityksen omasta järjestelmästä. Alihankkija voidaan näin sitouttaa selkeästi huolehtimaan tietyistä hyllypaikoista, niiden täyttämisestä ja siisteydestä. Alla olevassa kuvassa 46 on suuntaa antava kuva hyllyideasta. Kuvan hyllyssä on visuaalisesti ohjattuja sekä hyllyynkanto osia.



KUVA 46. Hyllyesimerkki (Kuva: Teemu Nieminen)

Läpivirtauksen edistämistä pitää myös pyrkiä myös edistämään (kuva 47). Nykyinen hyllyttäminen pientavaroille tapahtuu asennuspisteissä, joka aiheuttaa materiaalivirtaa asennuspaikoilla. Läpivirtaava hylly on mahdollista täyttää käytävän puolelta ja kaksilaatikkojärjestelmän käyttö paranee. Linjakoonnassa on myös käytössä kahta erilaista hydrauliletkua. Näille useimmin käytetyille letkuille on luotava hyllyynkantopaikka



loppukoonnan yhteyteen. Hydrauliletkut voidaan myös täyttää hyllyyn käytävän puolelta ja näin ollen FiFo-periaate toimii, kun vanhin tuote käytetään ensiksi pois. Kuvassa 46 on myös hydrauliletkuja samalla periaatteella hyllytettynä, mutta läpivirtausta ei tapahdu, koska hyllyn täydentäminen ja käyttö tapahtuu samasta suunnasta. Tällöin vanhimmat letkut eivät tule käyttöön ensimmäisenä.



KUVA 47. Läpivirtaushylly (Kuva: Intolog Oy)

## 8.2 Puskurivarasto settilavoille

Linjakokoonpanon nopean tahdin takia, materiaalivirran on toimittava saumattomasti asennusvaiheita myötäillen. Ehdotuksena on, että settikeräyslavoille tehdään kahden päivän puskurivarasto, josta asentajat voivat itse ottaa lavat kokoonpanoon. Myös tyhjät lavat siirrettäisiin asentajien toimesta niille varattuihin paikkoihin. Materiaalihuollon tehtäväksi jäisi settilavojen toimittaminen puskurivarastoon, tyhjien lavojen lähettäminen takaisin pakattavaksi sekä isojen komponenttien kuten etu- ja takapäätysten, sivulevyjen sekä heilurin toimittaminen kokoonpanopaikoille.

## 8.3 Layout muutokset

Linjakokoonpanon ympärillä olevat hyllyt vievät nykyisin paljon tilaa. Hyllyjen poistuminen tulevaisuudessa vaikuttaa merkittävästi kokoonpanon tulevaan layoutiin. Tuleva tila kannattaa hyödyntää paremmin materiaalihuollon sekä asennuksen tarpeiden mukaan. Liitteissä on esitelty muutama layout- uudistusehdotus, joita kannattaa miettiä, mikäli toimenpiteisiin päädytään. Ehdotuksiin on listattu muutosehdotuksien positiivisia puolia sekä mahdollisia epäkohtia.

### 8.3.1 Layoutin nykytilanne

Tämänhetkisessä toimintamallissa materiaalia toimitetaan linjakokoonpanoon hallin päistä ja yhdestä ”sivu”-aukosta. Liitteestä 2 selviää tämänhetkinen layout, joka on epäkäytännöllinen tilan ahtauden takia. Nykyisessä layoutissa epäkohtia ovat esimerkiksi pientavarahyllyjen sijoittelu sekä lattiavarastopaikat asennuspisteissä. Nykyinen tilanne

aiheuttaa paljon trukki liikennettä asennuspaikoilla, mikä lisää turvallisuusriskiä ja vähentää asennustilaa.

### 8.3.2 Layout kehitysehdotus 1

Liitteen 3 layoutissa hyllyjen poistuminen mahdollistaa materiaali virran hallin sivuilta. Hallin päistä ei tarvitse juurikaan tuoda trukilla mitään linjakokoonpanoa varten, tällöin seulakokoonpanon tarvitsema tila (kuva 49) ei haittaa kokoonpanoa. Hallin sivuilla olevat hyllyt olisivat hylly palvelun ja visuaalisesti ohjattavien tuotteiden käytössä. Tämän ansiosta materiaali henkilöiden ei tarvitse mennä asennuspaikoille hyllyttämään tavaroita, vaan sen pystyy tekemään käytävältä, joka näkyy kuvassa 48 (sivu 57). Ehdotuksena on myös murskainten koekäyttö paikan kääntäminen 180 astetta, jolloin saataisiin lisää tilaa asennukseen. Halli on lyhyt ja koekäyttö paikka vaatii pituutensa takia nykyään paljon tilaa. Koekäyttö paikasta voitaisiin tehdä ”läpivirtaava”, mutta tämä aiheuttaisi muutoksia nykyiseen koekäyttö häkkiin.

### 8.3.3 Layout kehitysehdotus 2

Toinen kehitysehdotus sisältää purkukohteita hallin sivulta, layout on esitetty liitteessä 4. Pesula on tällä hetkellä kriittinen paikka, koska se on tietyssä paikassa ja sen siirtäminen on viemärintien takia lähes mahdotonta. Pesulasta voitaisiin saada läpivirtaava purkamalla kaksi seinää, jolloin materiaalia olisi helpompi kuljettaa sen kautta kokoonpanoon. Myös toinen purkukohde parantaisi materiaali virtaa hallin toiseen päähän. Kun tuotteet voitaisiin toimittaa hallin sivuilta, ei trukki liikennettä hallissa tarvittaisi lainkaan. Purkukohteet on esitetty myös valokuvin (kuvat 50 & 51) tässä raportissa. Purkamisen mahdollisuutta täytyy selvittää, mikäli toimenpiteisiin ryhdytään. Asiantuntijan lausuntoa purkamisen hinnasta ja trukki liikenteen soveltuvuudesta purettavien kohteiden tilalle on pohdittava.

### 8.3.4 Layout kehitysehdotus 3

Kolmas ehdotus (liite 5) käsittelee kokoonpanolinjan asennusjärjestyksen muuntamista. Pesulan sijainnin takia olisi järkevää suorittaa runkokokoonpano hallin toisessa päässä, koska kyseisen asennuspaikan tuotteisiin tarvitaan pesulan käyttöä. Myös heilurin peseminen ja toimittaminen asennukseen onnistuisi helpommin tällä järjestelyllä. Aikaan pienten leukamurskainten linjakokoonpano toimi juuri tämän suuntaisella järjestelmällä, joten murskaimen tekeminen on mahdollista myös näin käänteisessä järjestyksessä.

### 8.3.5 Layout kehitysehdotus 4

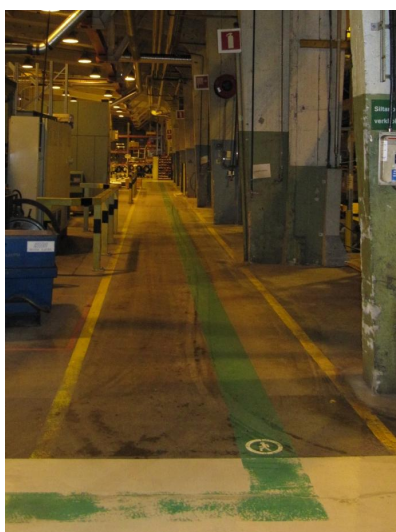
Parhaiten linjakokoonpano toimisi, jos materiaalihuolto pystyttäisiin toteuttamaan kokonaan linjan toiselta sivulta (liite 6). Ehdotuksessa linjan viereiset työtilat olisi purettava kokonaan. Settilavojen, sivulevyjen, murskaimen päätyjen sekä heilurin kuljettaminen asennuspaikoilleen helpottuisi huomattavasti, eikä trukkiliikennettä tarvitse suorittaa lainkaan linjakokoonpanon asennuspaikoilla, joka lisäisi turvallisuutta.

### 8.3.6 Settilavojen sijainti kokoonpanolinjalla

Kokoonpanolinjan tuleva layout vaikuttaa siihen, mihin settilavat kuljetetaan. Liitteessä 7 on yksi esimerkki lavojen sijoittelumahdollisuudesta linjalla. Lava tuodaan tiettyyn paikkaan, eikä sitä siirrellä työvaiheiden välillä. Tyhjä lava siirretään niille määrättyyn paikkaan, ja uuden koneen täysi lava tulee tilalle.

### 8.3.7 Trukkiliikenne muutosten jälkeen

Alla olevassa kuvassa 48 on käytävä, jonka kautta nykyinen trukkiliikenne hoidetaan suurimmaksi osaksi. Käytävää pitkin kuljetetaan tavaraa hyllyihin sekä täydennetään asennuspaikkojen lattiavarastopaikkoja. Kyseinen käytävä olisi hyvä rauhoittaa trukkiliikenteeltä mahdollisuuksien mukaan. Käytävää voitaisiin käyttää ensisijaisesti visuaalisesti ohjattavien hyllyjen täydentämiseen, hyllypalvelun tuotteiden toimituksiin sekä epäkeskoakselien ja runkolaakeripesien toimitukseen omille varastopaikoilleen. Trukkiliikenteen väheneminen lisäisi myös turvallisuutta, koska kyseisellä käytävällä on paljon jalankulkua.



KUVA 48. Käytävä linjakokoonpanon vieressä (Kuva: Teemu Nieminen)

#### 8.4 Linjan seinien purkaminen

Pienten leukamurskainten kokoonpanolinja on keskellä isoa hallikokonaisuutta, joka tuo haastavuutta materiaalin liikuttamiseen. Samassa hallissa tehdään myös liikuteltavia seuloja, jotka vaativat myös paljon materiaalin liikuttelua. Alla olevassa kuvassa 49 on tyypillinen kuva seulojen kokoonpanovaiheelle tulevista osista, jotka tukkivat pienten leukamurskainten kokoonpanolinjan materiaalihuollon.



KUVA 49. Seulan osia tulossa kokoonpanoon (Kuva: Teemu Nieminen)

Materiaalihuollon olisi jatkossa hyvä toimia mahdollisimman paljon linjan sivuilta, jolloin seulojen materiaalivirta ei vaikuta linjakokoonpanoon. Alla olevissa kuvissa 50 & 51 on esitetty kuvat purettavista seinistä, joiden poistaminen edesauttaisi materiaalivirtaa kokoonpanoon.



KUVA 50. Linjakokoonpanossa oleva seinä (Kuva: Teemu Nieminen)

Pesulasta olisi myös hyvä saada läpivirtaava, jolloin sen kautta on helppo kuljettaa tarvittavia osia kokoonpanoon. Pesulan käyttöaste on kohtalaisen matala, joten sen läpivirtaaminen olisi järkevää, jotta tila saadaan aktiiviseen käyttöön. Alla olevassa kuvassa on esitetty purettava kohta.



KUVA 51. Pesulan purettava seinä (Kuva: Teemu Nieminen)

### 8.5 Siltanosturin käyttömuutos

Nykyinen tilanne siltanosturien käytön suhteen ei ole paras mahdollinen. Hallissa, missä pieniä leukamurskaimia kootaan, tehdään myös muuta asennustyötä. Siltanostureita hallissa on useita, mutta niiden käyttöastetta tulisi parantaa. Seulakokoonpano vaatii käyttöönsä seulan rungon nostoa varten LOK 11 nosturin, jolloin heidän kokoonpanovaihe estää LOK 20 nosturin käytön kokonaan. Seulan kokoonpanossa käytetään myös pienemmissä nostoissa LOK 20 nosturia, mutta näitä nostovaiheita on päivittäin vähän. Ehdotuksena on, että siltanosturi LOK 20 siirrettäisiin pienten leukamurskainten runkokokoonpanon käyttöön, koska rungon kokoonpano onnistuu sillä 80 %:sti. Seulan asennuksessa voitaisiin jatkossa käyttää LOK 11 nosturia rungon sekä pienempien kokoonpanovaiheiden nostotarpeisiin. Yleensä Lokomolla on ongelmana siltanosturien kapasiteetin puute tai nosturien riittämätön määrä kokoonpanossa, tässä hallissa ei ole kyseiset asiat ongelmana. Kyseinen ehdotus on yksi ehdotus nosturien käyttämisestä. Mahdollinen tuleva layout vaikuttaa merkittävästä nosturien järkevään sijoitteluun. Kuvassa 52 (sivu 60) on kyseiset nosturit.





KUVA 52. Siltanosturit LOK 11 ja LOK 20 (Kuva: Teemu Nieminen)

## 8.6 Hyllypalvelun toiminta jatkossa

Nykytilannekatsauksessa huomattiin, että hyllypalvelua on kehitettävä. Nykyinen toimittaja tuo isoja bulk osia kokoonpanolinjalle pienissä pahvilaatikoissa, joista asentajat ottavat osia. Kyseisestä toimintamallista syntyy jätettä todella paljon. Jatkossa hyllypalvelulle on määrättävä tietyt hyllyt, joita he saavat käyttää. Hyllypalvelu on velvoitettava huolehtimaan hyllyjen siisteydestä ja tuotteiden lisäämisestä vetolaatikostoihin. Toimittaja voi edelleen toimittaa tuotteita haluamissaan pakkauksissa hyllypaikkoihin, kunhan tuotteet on asentajien saatavilla helposti. Hyllypalvelun edustaja huolehtii esimerkiksi pakkausjätteen viemisen keräyspisteeseen. Hyllypalvelun palvelusopimukseen on jatkossa tehtävä pykälä siisteyden noudattamisesta hyllypaikoilla. Kehitysehdotuksena olisi, että hyllypalvelua varten tehtäisiin kuvan 53 (sivu 61) mukaiset vetolaatikostot, joita hyllypalvelu täyttää tietyillä osilla. Vetolaatikostot voisi toteuttaa joko pyörillä tai kiskoilla toimiviksi.

Hyllypalvelusta vastaavan alihankkijan tulisi jatkossa toimittaa omien toimittamiensa tuotteiden varastopaikkojen läheisyyteen selkeät toimintaohjeet ja yhteystiedot. Tavarantoimittajalle on saatava nopeasti tieto puuttuvista tuotteista tai niiden virheellisyydestä. Nykyisin tavarantoimittajiin otetaan yhteyttä esimiesten tai ostajien kautta, mutta jatkossa puutteista olisi hyvä saada tieto heti tavarantoimittajan yhteyshenkilölle, jotta ongelman ratkaisu saadaan käynnistettyä nopeasti.





KUVA 53. Vetolaatikostoehdotus bulk osille (Kuva: Teemu Nieminen)

## 8.7 Hyllypalvelun lisääminen jatkossa

Pienten osien, kuten holkkien tai niveltappien osalta kannattaa tehdä selvitystä alihankkijan kanssa, että pystyvätkö he toimittamaan joitakin tällaisia massatuotteita suoraan hyllypalvelu periaatteella. Yksinkertaista hintavertailua ja kilpailuttamista kannattaa tehdä. Huomioitavaa on myös se, että hyllypalvelun seurauksena materiaalihuollon sekä oston työtaakka poistuu, kun alihankkija huolehtii tuotteiden saatavuudesta.

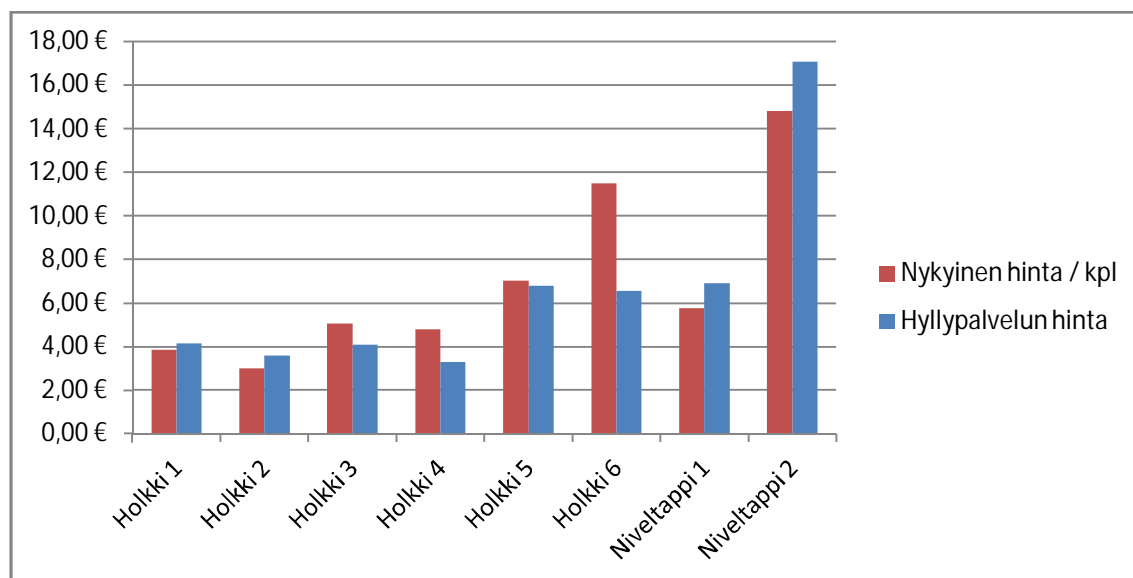
Työssä selvitettiin myös sitä, että pystyykö alihankkija toimittamaan tuotantoon hyllyynkantoperiaatteella usein käytettyjä holkkeja tai niveltappeja. Alla olevaan taulukkoon 2 on listattu holkit sekä niveltapit, niiden nykyinen ostohinta, alihankkijan hinta yhdelle kappaleelle sekä hyllyynkantopalvelun hinta tuotteille (esimerkiksi 100kpl erissä). Nykyinen ostohinta sisältää tuotteen hinnan toimitettuna Metson alueelle. Hintaan tulee lisäksi huomioida esimerkiksi materiaalihuollon työmäärä, kun holkki vastaanotetaan, tuloutetaan ja toimitetaan varastopaikalle.

TAULUKKO 2. Osien hintavertailu (Teemu Nieminen)

Nimi	Määrä/kone	Konemalli	Nykyinen hinta / kpl	Alihankkijan hinta / kpl	Hyllypalvelun hinta
Holkki 1	2	C96/C106	3.85€	6,94 €	4,15 €
Holkki 2	6	C96	3.01€	6,50 €	3,59 €
Holkki 3	4	C96	5.06€	5,90 €	4,10 €
Holkki 4	4	C106	4.8€	3,95 €	3,30 €
Holkki 5	2	C96	7.03€	9,65 €	6,79 €
Holkki 6	2	C106	11.5€	8,75 €	6,55 €
Niveltappi 1	2	C96/C106	5.77€	14,00 €	6,90 €
Niveltappi 2	2	C106	14.8€	26 €	17,08 €

Taulukosta on luotu kuvaaja 1, josta on mahdollista vertailla kyseisten nimikkeiden nykyisen ja hyllypalveluhinnan eroja. Hyllypalvelun lisääminen holkkien osalta voisi olla mielekästä, mutta niveltapit kannattaa jatkossa pitää ostettavina tuotteina. Niiden hintaan tulee vielä tarjouksen perusteella 15%:n hinnankorotus sinkityksestä.

KUVAAJA 1 Osien hintavertailu (Teemu Nieminen)



## 8.8 Ohjeistaminen

Visuaalisen kaksilaatikko -järjestelmän lisääminen tuo hieman lisää työtä linjakokoonpanon asentajille ja materiaalihuollolle. Asentajat sekä materiaalihuolto täytyy velvoittaa huolehtimaan hyllyjen järjestyksestä ja Kanban-järjestelmän toiminnasta. Kokoonpanoalueella pidetään aamupalaveri, jossa käydään läpi kokoonpanon kulkua ja mahdollisia ongelmakohtia. Toimiva Kanban-järjestelmä vaatii selkeän ohjeistuksen ja nimikkeiden ohjauslappujen keräystaulu pitää olla selkeästi esillä ja sen tyhjentämisestä täytyy huolehtia päivittäin. Linjakokoonpanossa on käytössä viikoittainen siivousaika, jolloin esimerkiksi täydet roska-astiat tyhjennetään ja ylimääräiset jätteet viedään kootusti pois kokoonpanosta. Siivouksen yhteyteen voisi sisällyttää silmämääräisen tarkastelun hyllyjen siisteyden ja visuaalisten nimikelappujen suhteen, ettei ongelmia esiinny osapuutteina kaksilaatikkojärjestelmän virheen takia.

Metson ohjeen mukaan on esitetty erilaisille materiaalien ohjaustavoille omat värikoodit. Visuaalisen ohjaustavan sekä hyllyynkantotoiminnan lisäämisen myötä täytyy linjakokoonpanon hyllypaikat käydä läpi ja toteuttaa ne oikeanvärisillä laatikoilla ja merkinnoilla. Työntekijöitä on myös ohjeistettava, että kaikilla on selkeä käsitys erilaisista värikoodeista.

### 8.9 Alihankkijoiden sitoutuminen tavarantoimitukseen JIT periaatteella

Metsolla on jatkossa tarkoitus yhä enemmän pyrkiä sitouttamaan tavarantoimittajia toimimaan Lean toimintatavan mukaisesti ”Just In Time” -periaatetta hyväksikäyttäen. Pienten leukamurskainten osalta hyvä esimerkki tähän tilanteeseen olisi murskaimien sivulevyjen toimitus alihankkijalta. Nykyisin sivulevyt toimitetaan Metson tontille varastoon alihankkijalta, jonka sijainti on alle 100km:n päässä Metson Hatanpään toimipisteestä. Tällaisissa tapauksissa, kun puhutaan hintavista ja isoista osista, joita pystytään helposti kuljettamaan, voisi olla kehitettävää alihankkijasuhteen kanssa. Alihankkija voisi sitoutua toimittamaan sivulevyt esimerkiksi kolmen parin erissä linjakokoonpanon välivarastoon. Tällöin pystyttäisiin poistamaan hukkaa turhasta varastoinnista sekä kuljetuksista. Luonnollisesti myös FiFo-periaate toimii tällöin, ja mahdolliset virheelliset tuotteet on helppo tarkistaa, koska välivarastossa on vain muutamia tuotteita. Alla olevassa kuvassa 54 on sivulevyjä varastoituna. FiFo-ajattelutapaa on vaikea toteuttaa, koska uusimmat tuotteet lasketaan kasan päällimmäisiksi, ja alimmaisiet levyt eivät välttämättä mene pitkään aikaan kokoonpanoon.



KUVA 54. Sivulevyjä varastoituna (Kuva: Teemu Nieminen)

Sivulevyjen materiaaliavirrasta loin liitteissä 9 ja 10 olevat arvovirtakuvaajat, joista selviää osien tämänhetkinen kulku prosessissa sekä kehitysehdotus, jossa on poistettu hukkatyötä. Arvovirtakuvaajien pohjaksi tein yksinkertaiset spagettikaaviot materiaalien nykyisestä materiaaliavirrasta. Kuvioon oli helppo ideoida parannusehdotuksia, joita pystyi käyttämään Value Stream Mapin teossa, nämä löytyvät liitteestä 11.

## 8.10 Uusi kokoonpanopaikka

Pienten leukamurskainten kokoonpanon toimintaa seurattaessa, herätti mielenkiintoa automaattisten voitelulaitteiden ja hydraulisten säätöyksiköiden kokoonpano kyseisellä alueella. Kyseisille tuotteille ei tällä hetkellä ole varattu asiallista kokoonpanopistettä linjalla, eikä tarvittavat työvälineet ja tarvikkeet ole helposti saatavilla. Tuotteiden kokoonpano aiheuttaa aina häiriötä muun työn tekemisen yhteydessä ja turhaa hukkaa syntyy, kun tarvittavia työkaluja etsitään ja tilaa tehdään, että kokoonpano pystytään suorittamaan. Tuotteiden valmistaminen vaatii tilaa muulta kokoonpanolta, jolloin linjakoonnalle varattu kokoonpanotila vähenee. Voitelulaitteiden ja hydraulisten säätöyksiköiden kokoonpanoa tehdään aina välillä, mikäli asiakas on kyseisen tuotteen tilannut murskaimen yhteydessä. Alla olevassa kuvassa 55 on aloitettu tekemään voitelulaitteiden kokoonpanoa.



KUVA 55. Voitelulaitteiden kokoonpano (Kuva: Teemu Nieminen)

Myös hydraulisten säätöyksiköiden kokoonpano tehdään linjalla valmistettaviin koneisiin satunnaisesti. Säätöyksiköiden kokoonpanossa on monta vaihetta ja siinä saatetaan myös tarvita trukkia laitteen nostamisessa, mikä aiheuttaa turhaa liikennettä kokoonpanopaikalla. Alla olevassa kuvassa 56 on säätöyksikön kokoonpano käynnissä.





KUVA 56. Hydraulisen säätöyksikön kokoonpano (Kuva: Teemu Nieminen)

Murskainkokoonpanossa tehdään myös muita vastaavanlaisia pieniä kokoonpanotuotteita, kuten kompressorisyksiköitä, jotka on yleisesti totuttu tekemään muun kokoonpanopaikan yhteydessä. Jatkossa kannattaisi miettiä, voisiko tällaisia pieniä kokoonpanoja tehdä hallitusti yhdessä asennuspisteessä, missä olisi työn edellyttämät tilat sekä välineet. Tuotteille voisi luoda oman work centerin, johon materiaalit olisi helppo ohjata omana settikeräilyinä. Kuvassa 57 (sivu 66) on valokuva tilasta, johon murskainkokoonpanon asentajat ovat ehdottaneet kyseisen tilan sijaintia. Ehdotettu piste sijaitsee B-hallin yhteydessä, ja tilaan olisi helppo luoda edullisesti oivallinen työympäristö pienille kokoonpanotuotteille, koska tilassa on jo esimerkiksi valmiina nosturi. Metsolla suoritettujen Lean-toimenpiteiden myötä on jäänyt paljon ylimääräisiä työkaluja kokoonpanoalueiden kartoitusten myötä, näin ollen tilaan olisi edullista luoda esimerkiksi työkaluseinä, johon laitettaisiin hydraulisyksiköiden, voitelulaitteiden ja kompressorien kokoonpanossa tarvittavat työkalut ja välineet. Ehdotetun tilan nykyisessä käytössä syntyy mielestäni hukkaa, koska se näyttää varastointitalta. Yhtenäinen kokoonpanopiste pienille osakokoonpanoille voisi olla myös muualla, mutta kyseinen tila on ehdotus sen sijainnista.





KUVA 57. Ehdotettu kokoonpanopiste (Kuva: Teemu Nieminen)

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuoda esiin materiaalihuollon tämänhetkisiä ongelma-kohtia pienten leukamurskainten kokoonpanolinjan osalta. Päällimmäisinä ongelmina voitiin todeta huono varastonkierto, linjakokoonpanon tukkoisuus, osien isot varastomäärät, nykyisen settikeräilyn toimimattomuus sekä hyllypalvelun huono toiminta. Työturvallisuus on myös keskeinen asia, koska tämänhetkisen linjakokoonpanon layout edellyttää paljon trukkiliikennettä asennuspisteissä.

Työnkulku sujui aikataulun puitteissa ja tarvittaviin kehityskohteisiin saatiin luotua parannusehdotuksia. Työn olennainen osa oli settilavakeräilyn suunnittelu käytännönläheisesti ja tuoda esiin ideoita sen toteuttamiseen. Lavojen suunnittelu ja demoversiot onnistuivat hyvin ja ne saivat positiivista palautetta. Suunnitteluvaiheessa lavamalleja oli erilaisia, mutta työssä keskityttiin esittelemään niistä parhaat versiot. Mikäli alihankkijaa käytetään lavojen rakentamiseen, on tilattaviin lavoihin varmasti tulossa pieniä muutoksia, joilla niiden käytettävyyttä pystytään parantamaan.

Yksi kriittinen työvaihe on linjakokoonpanoon jätettävien visuaalisesti ohjattavien osien listaaminen ja määrittely. Opinnäytetyön kirjalliseen osuuteen sitä ei ollut mielekäästä sisällyttää, joten se päätettiin toimittaa jatkossa työn tilaajalle, mikäli varastomuutokset tehdään ja visuaalisia osia halutaan varastoida asennuspaikalla.

Opinnäytetyön avaintulokset ovat kehitysehdotuksia sekä ideoita, joita kannattaisi miettiä, mikäli linjakokoonpanon materiaalivirtaa ryhdytään parantamaan. Käytännönläheinen työ on aina haastavaa tehdä pelkästään suunnitelmatasoisesti, koska esimerkiksi visuaalisesti varastoitavien läpivirtaushyllyt sekä hyllypalvelun käyttöön jätettävät tilat oli suunniteltava pelkästään layout tasoisesti eikä käytännön muutoksia tehdä.

Konkreettisia tuloksia saatiin aikaan pientavarakartoituksilla. Työn aikana ryhdyttiin käymään läpi tarvittavia hyllyynkantotuotteita ja pyrittiin ilmentämään turhat osat. Työn aikana oli mielekäästä nähdä, että säästöjä pystytään saamaan kun asennuspisteellä ei varastoida vanhoja ja harvoin käytettyjä osia. Työssä kartoitettiin myös pientarvikkeita ja säästöjä syntyy jatkossa kun tietyt holkit voidaan jatkossa toimittaa sinkittyinä maalamisen sijasta.

## LÄHTEET

- Consulting Teconomark Oy. Lean ja logistiikka. Luettu 14.1.2015.  
[http://www.teconomark.fi/index.php?option=com\\_content&view=article&id=39&Itemid=48](http://www.teconomark.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=39&Itemid=48)
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I., Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Infacs johtamistekniikka Oy.
- Hokkanen, S., Karhunen, J., Luukkainen, M. 2011. Johdatus logistiseen ajatteluun. 6. uudistettu painos. Sho Business Development OY/julkaisutoiminta.
- Karrus, K. E. 2003. Logistiikka. 3.-4. painos. WS Bookwell, Juva.
- Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. 6. Helsinki: Teknologiateollisuus ry
- Lean-tuotannon varastointiratkaisuja. Luettu 21.1.2015.  
[http://www.kasten.fi/Tuotteet/Pientavaran-kasittely/Kasten-Kevyt-lapivirtaushylly/?utm\\_source=Auto-PDF-Catalogue-Public&utm\\_medium=Link&utm\\_campaign=Print-on-Demand](http://www.kasten.fi/Tuotteet/Pientavaran-kasittely/Kasten-Kevyt-lapivirtaushylly/?utm_source=Auto-PDF-Catalogue-Public&utm_medium=Link&utm_campaign=Print-on-Demand)
- Liker, J. & Convis, G. 2012. Toyotan tapa lean-johtamiseen. Readme.fi. Helsinki.
- Liker, J.K. 2003. Toyotan tapaan, 1.painos, Readme.fi.
- Metso Mineralsin internet sivusto. Luettu 19.12.2014. [www.metso.com](http://www.metso.com)
- Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on Lean - ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Rheologica publishing: Halmstad.
- Procesportaal. Luettu 15.1.2015.  
<http://www.procesportaal.nl/categorieen/leanmanufacturing/value-stream-map/>
- Pyynikinlinna: Lokomo 1915–2005, 90 vuotta teräs- ja koneteollisuutta. Emil Aaltosen museo. Luettu 31.12.2014.  
<http://www.pyynikinlinna.fi/museo/nayttelyt/erikois/lokomo.php>.
- Sakki, J. 2009. Tilaus-Toimitusketjun hallinta, B2B – Vähemmällä enemmän. 7. uud. painos. Jouni Sakki Oy, Vantaa.
- Toyotan tuotantojärjestelmä ja sen merkitys liiketoiminnalle. Luettu 19.1.2015.  
[http://www.toyota-forklifts.fi/sitecollectiondocuments/pdf%20files/about%20us/tmh%20tps%20-esite\\_web.pdf](http://www.toyota-forklifts.fi/sitecollectiondocuments/pdf%20files/about%20us/tmh%20tps%20-esite_web.pdf)
- Tuominen, K. 2010. LEAN. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen 5S. WS Bookwell Oy, Jyväskylä.
- Tuominen, K. 2010. LEAN- kohti täydellisyyttä: Mitä Toyota ja Lean- yritykset tekevät eri tavalla kuin muut.

Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua prosessien ja virtauksen kehittämiseen. Readme.fi. Ensimmäinen painos. WS Bookwell Oy Jyväskylä 2010.

Tuominen, K. 2010. LEAN – Tehoa ja laatu hukkan vähentämiseen. Juva: WS Bookwell Oy.

**LIIITEET**